PubliCE, (PubliCE) 1998

Research

El Entrenamiento de Fuerza y Resistencia concurrente influye en la Tasa Metabólica Basal de Individuos que no realizan Dieta

Brett A Dolezal[1] y Jeffrey A Pottenger[1]

[1]*Exercise Physiology Laboratory, Department of Health, Sport, and Exercise Sciences, University of Kansas, Lawrence, Kansas 66045-2348.*

RESUMEN

30 hombres sanos físicamente activos (20.1±1.6 años) fueron asignados al azar a participar de 10 semanas en uno de los siguientes grupos: entrenado en resistencia (ET; 3 días/semana, caminata rápida y/o carrera), entrenado en fuerza (RT; 3 días/semana de entrenamiento de fuerza), o entrenado en fuerza y resistencia (CT). Antes y después del entrenamiento, fueron determinadas para cada sujeto las siguientes variables: tasa metabólica basal (BMR), porcentaje de grasa corporal (BF), potencia aeróbica máxima, y una repetición máxima (1 RM) en press de banca y sentadilla. El nitrógeno de la urea urinario fue determinado antes, durante y luego del entrenamiento. La BMR se incremento significativamente desde el pre- al post-entrenamiento para el grupo RT (7613±968 hasta 8090±951 kJ/día) y para el grupo CT (7455±964 hasta 7802±981 kJ/día), pero no para el grupo ET (7231±554 hasta 7029±666 kJ/día). La BF estuvo significativamente disminuida para el grupo CT (12.2±3.5 % hasta 8.7±1.7 %) en comparación con el grupo RT (15.4±2.7 hasta 14.0±2.7 %) y el grupo ET (11.8±2.9 hasta 9.5±1.7 %). La potencia aeróbica máxima se incremento significativamente para el grupo ET (13%) pero no para el grupo RT (-0.2%) o CT (7%), mientras que los incrementos en una repetición máxima en press de banca y sentadilla fueron mayores para el grupo RT (24 y 23 %, respectivamente) en comparación con el grupo CT (19 y 12 %, respectivamente). Las pérdidas urinarias de nitrógeno de la urea fueron mayores en el grupo ET (14.6±0.9 g/24 h) que en el grupo RT (11.7±1.0 g/24 h) y CT (11.5±1.0 g/24 h) al final de las 10 semanas de entrenamiento. Estos datos indican que, aunque solo el grupo RT incremento la BMR y la fuerza muscular, y solo el grupo ET incremento la potencia aeróbica y disminuyó la BF, el grupo CT proporciona todos estos beneficios, pero en una menor magnitud que los grupos RT y ET después de 10 semanas de entrenamiento.

Palabras Clave: metabolismo, ejercicio, gasto energético, nitrógeno de la urea urinario, pérdida de peso

INTRODUCCIÓN

Cuando el gasto de energía excede a la entrada de energía, existe un balance energético negativo y la masa corporal se reduce. Se le ha dado considerable atención en la literatura al lado del gasto de energía de la ecuación de balance energético, especialmente a aquellos factores que afectan el ritmo metabólico basal (BMR) de una persona. Dado que el BMR representa el mayor porcentaje del gasto energético diario de un individuo (≈60-75% del gasto energético total),

muchos investigadores han estado interesados en identificar intervenciones que potencien un incremento en el BMR (26) y en el ritmo metabólico de reposo (RMR) para facilitar la perdida de peso (14). De manera característica, los ejercicios de resistencia han sido usados para alterar la composición corporal debido a su habilidad de incrementar el gasto energético y la utilización de grasas. Sin embargo, los resultados de estudios previos que examinaron los efectos del entrenamiento de resistencia sobre el BMR y RMR son equívocos. Los resultados de algunas investigaciones han demostrado incrementos en el RMR (1, 4, 30), mientras que los resultados de otros estudios indican que el BMR permanece inalterado (26) o que el RMR es ligeramente disminuido (28) por el entrenamiento de resistencia.

Ha sido demostrado que muchos factores influencias el ritmo metabólico. La correlación más fuerte existe entre la masa libre de grasa de un individuo (FFM) y el BMR. Ha sido propuesto que los incrementos en la masa corporal magra incrementan el BMR, así incrementando el gasto energético total (19). La masa grasa (FM) y la masa corporal total (TM) son generalmente reducidas por el entrenamiento de resistencia; sin embargo, esta reducción contribuye minimamente a las ganancias en la masa corporal magra (29). Muchas de las investigaciones que se centran sobre los incrementos en la masa corporal magra han usado al entrenamiento de fuerza como la modalidad de ejercicio. La influencia potencial sobre el BMR y la composición corporal que los ejercicios de fuerza y resistencia pueden ofrecer a los individuos garantizan investigaciones futuras.

Recientemente, los ejercicios de fuerza y resistencia concurrentes han recibido mucha atención como una forma de entrenamiento. Muchas de las investigaciones pasadas han examinado variables similares incluyendo la potencia aeróbica máxima (VO_2 máx.), fuerza isotónica e isoquinética y composición corporal. Además, las mismas han demostrado que el impacto del entrenamiento concurrente es más perjudicial para las ganancias potenciales de fuerza (5, 8, 9, 13, 18, 23) y no para la potencia aeróbica (2, 5, 8, 9, 13, 15, 16, 22, 23). Adicionalmente, después de entrenamientos concurrentes de fuerza y resistencia, los investigadores han señalado cambios positivos en la composición corporal, incluyendo disminuciones en la FM y en el porcentaje de grasa corporal (BF) e incrementos en la FFM. Para nuestro conocimiento, no existe ningún estudio que haya establecido la influencia del entrenamiento de fuerza y resistencia concurrente sobre el BMR en individuos que no realizan dieta. Muchos individuos participan en programas de entrenamiento de fuerza y resistencia concurrentes, sin embargo es conocida una información limitada acerca del efecto de este tipo de entrenamiento sobre el ritmo metabólico. De este modo, el propósito de este estudio fue examinar la influencia de entrenamientos de fuerza y resistencia concurrentes sobre el BMR, la composición corporal, el VO_2 máx., la fuerza muscular y la excreción urinaria de nitrógeno de la urea.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos

30 sujetos físicamente activos (20.1±1.6 años) participaron en este estudio. Todos los métodos y procedimientos fueron aprobados por el Comité de la Universidad para la Experimentación con Humanos. Los sujetos leyeron y firmaron la planilla de consentimiento para sujetos y un cuestionario de historia clínica antes de empezar el estudio. Los criterios de inclusión fueron: 1) entrenamiento de al menos 3 días/semana por al menos 1 año, 2) VO_2 máx. ≥40 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, y 3) BF de entre 9 y 20%. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a uno de tres grupos experimentales: un grupo entrenado en resistencia (ET, n=10), un grupo entrenado en fuerza (RT, n=10), y un grupo de entrenamiento de fuerza y resistencia combinado (CT, n=10). Durante la visita inicial al laboratorio, los sujetos fueron familiarizados con el equipo y los procedimientos experimentales. Los sujetos luego completaron las evaluaciones posteriores en un período de 24 h, antes y luego de un período de 10 semanas de entrenamiento.

BMR

Fue usada calorimetría indirecta para medir el BMR. Todos los sujetos durmieron 8 h, no realizaron ninguna actividad física durante las 48 h previas a la sesión, y no comieron o tomaron ningún líquido, excepto agua, durante las 12 h previas a la evaluación. Cada sujeto fue transportado por un vehículo a motor al sitio de evaluación para asegurar una actividad mínima antes de la determinación del BMR. Todas las mediciones de BMR fueron realizadas entre las 06:00 y 08:00.

Luego de entrar al laboratorio, los sujetos descansaban en una posición supina por 30 min. Fue posicionada una máscara Hans Rudolph de flujo a la cara (Kansas City, MO) en cada sujeto. El consumo de oxígeno fue monitoreado continuamente durante 20 min por medio de una carta de Mediciones Metabólicas SensorMedics 2900. El sistema fue calibrado antes de la evaluación usando gases de concentración conocida, mientras que el medidor de flujo fue calibrado usando una jeringa de 3 L. Durante la evaluación, la habitación fue oscurecida, y los ruidos fueron mantenidos a un nivel mínimo. Los sujetos fueron instruidos para permanecer despiertos, callados e inmóviles antes y a través de todo el período de 20 min. El

promedio de los últimos 15 min del período de medición fue usado como la medición de BMR.

Análisis de la Composición Corporal

Fue realizado pesaje hidrostático para determinar la densidad corporal. Para determinar la TM, los sujetos, usando solo un traje de baño, fueron pesados en una balanza digital calibrada. Fueron colectadas 5 mediciones de peso subacuático, siendo usado el promedio de las últimas tres mediciones como el valor medio para los análisis. El volumen residual de los pulmones fue medido usando un porcentaje de la capacidad pulmonar total (21). Fue usada la ecuación de Siri (25) para calcular el porcentaje de grasa corporal, con la FFM y FM calculados de acuerdo a la misma.

VO_2 máx.

Los sujetos completaron una evaluación mediante un ejercicio gradual hasta el agotamiento en una cinta ergométrica. La evaluación empezaba con un período de entrada en calor de 4 min seguido por un incremento en la velocidad o los grados cada 2 min hasta que fuera alcanzada una graduación de la cinta del 10%. Después, solo fue incrementada la velocidad de la cinta hasta que cada sujeto alcanzara el agotamiento volitivo. El aire espirado fue medido continuamente para las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono usando una carta de Mediciones Metabólicas SensorMedics 2900. El VO_2 máx. fue definido como el punto en el cual: 1) el consumo de oxígeno alcanzaba un plateau (cambio <2.0 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) con un incremento en la carga de trabajo y 2) un índice de intercambio respiratorio >1.10.

Determinación de la Fuerza Máxima

Los sujetos realizaron evaluaciones para la determinación de una repetición máxima (1 RM) por medio del uso de pesos libres de tipo Olímpico. Cada sujeto realizó una evaluación de 1 RM en press de banca y sentadilla usando métodos previamente descritos (27).

Análisis del Nitrógeno de la Urea Urinario

Durante las pre-, intra y post-evaluaciones y al menos 24 h después de su última serie de ejercicio, se le pidió a cada sujeto que realizara una recolección de orina de 24 h y que preservara esta recolección en un refrigerador hasta que la misma sea transportada al laboratorio. El volumen urinario fue registrado, y alícuotas de las muestras de orina de cada día fueron almacenadas a -70ºC hasta el análisis del nitrógeno de la urea con el uso del kit Químico Sigma Nro. 640B (St. Louis, MO). Todas las muestras fueron analizadas en duplicado usando técnicas estándar de espectrofotometría, el promedio de los valores en duplicado fue usado para los análisis estadísticos.

Ingesta Nutricional de 3 días

Cada sujeto completo un diario dietario de 3 días antes de las evaluaciones, durante la semana 5 y la semana 10 del período de entrenamiento. A los sujetos se les proporcionó ejemplos de muestras de alimentos, guías escritas y una agenda de registro para guardar los datos de ingesta de alimentos. Fue usado el *software* Nutritionist III (N-Squared, Salem, OR) para analizar la composición dietaria para la ingesta calórica total y porcentajes de nutrientes energéticos.

Programa de Entrenamiento

Después de completar todas las pre-evaluaciones, cada sujeto participó durante 10 semanas en los grupos ET, RT, o CT. Los sujetos entrenaron 3 días a la semana en días alternados. Los programas de entrenamiento individuales fueron diseñados para producir marcadas mejoras ya sea en la fuerza como en la potencia aeróbica. Todo el entrenamiento fue periódicamente monitoreado por un investigador.

Cada sujeto en el grupo ET participó en un programa de carrera y/o trote. Los sujetos incrementaron gradualmente la duración y la intensidad del ejercicio de modo que un objetivo de entrenamiento era alcanzado cada 2 semanas. En las semanas 1-2, los sujetos se ejercitaron por 25 min al 65% de la frecuencia cardiaca máxima derivada de la edad (HR máx.), en las semanas 3-6 se ejercitaron por 35 min al 65-75% de la HR máx. y en las semanas 7-10 durante 40 min al 75-85% de la HR máx. Todos los sujetos tuvieron disponible un monitor telemétrico de la frecuencia cardiaca (Polar) para determinar exactamente la intensidad de entrenamiento. Se instruyo a los sujetos para palpar la arteria radial para la determinación de la frecuencia cardiaca cuando las unidades telemétricas no estaban disponibles.

Los sujetos en el grupo RT realizaron entrenamiento de la fuerza usando una combinación de pesos libre Olímpicos y máquinas Universal. El programa fue dividido en ejercicios del tren superior (realizados el lunes), ejercicios del tren inferior (realizados el miércoles), y ambos ejercicios para el tren superior e inferior (realizados los viernes). El programa de entrenamiento de la fuerza involucraba todos los grupos musculares principales e incluyo los siguientes ejercicios: press de banca, polea al pecho, press de hombros, curl de bíceps, tríceps en polea, sentadilla, extensión de piernas, flexión de

piernas, tirones, press con mancuerna inclinado, prensa de piernas, remo sentado, y remo alto. Durante las primeras 2 semanas del programa, los sujetos realizaron 10-15 repeticiones por serie, con tres series por ejercicio. La carga fue establecida de modo que los sujetos se fatigaran en las repeticiones 10-15. La fatiga fue definida como el punto en el cual el ejercicio no pudiera ser ejecutado correctamente a través de un recorrido de movimiento completo. Durante las últimas 8 semanas, los ejercicios fueron realizados con la carga establecida para cada serie de modo que el fallo para levantar el peso ocurriera en las repeticiones 10-12 en la primera serie, en las repeticiones 8-10 en la segunda serie, y en las repeticiones 4-8 en la tercera serie. Los sujetos en el grupo CT participaron en una conjunción de exactamente los mismos programas de entrenamiento de fuerza y resistencia resumidos arriba. Para el grupo CT, el entrenamiento de resistencia y fuerza fue realizado los mismos días de la semana, realizando siempre primero el entrenamiento de la fuerza.

Análisis Estadísticos

La magnitud de los cambios para cada variable independiente producida por el entrenamiento en los tres grupos fue comparada por medio del uso de ANOVA a una vía en los diferentes valores (post-evaluación menos pre-evaluación). Fueron realizadas comparaciones para diferencias significativas con un test post hoc Tukey cuando fueron encontrados índices F significativos. El nitrógeno de la urea urinario y la ingesta diaria fueron analizados por medio de mediciones repetidas de ANOVA. Las diferencias dentro de cada grupo desde el inicio de la investigación hasta la semana 10 fueron analizadas para todas las variables usando un test t de Student. Fue realizado un análisis de correlación de Pearson entre los cambios de la composición corporal y el RMR. La significancia fue establecida a una $p \leq 0.05$. Todos los valores fueron reportados como media±DS.

RESULTADOS

Los resultados del BMR para los períodos de medición pre- y post-entrenamiento son presentados en la Tabla 1. Los valores pre-entrenamiento para el BMR (en kJ/día, kJ. kg TM^{-1}. h^{-1}, y kJ. kg FFM^{-1}. h^{-1}) no fueron significativamente diferentes entre los grupos. Los grupos RT y CT mostraron incrementos significativos en el BMR (expresado en en kJ/día, kJ. kg TM^{-1}. h^{-1}) desde el inicio de la investigación hasta la semana 10, en comparación con el grupo ET, mientras que el BMR disminuyo significativamente en el grupo ET (expresado en kJ/día) desde el inicio de la investigación hasta la semana 10. Fue observada una correlación significativa entre los cambios en el BMR (expresado en kJ/día) y la FFM y la misma es presentada en la Figura 1 ($r=0.74$, $p<0.01$).

Ritmo metabólico basal	Pre-entrenamiento			Post-entrenamiento		
	Fuerza	Resistencia	Concurrente	Fuerza	Resistencia	Concurrente
kJ/día	7613.3±968.7	7231±554.1	7454.9±964.2	8090.8±951.2 * †	7029.7±666.4 *	7801.8±980.6 * †
kJ.kg $TM^{-1}.h^{-1}$	4.12±0.21	4.07±0.19	4.28±0.32	4.28±0.24 *	4.10±0.21	4.44±0.33
kJ.kg $FFM^{-1}.h^{-1}$	4.87±0.19	4.62±0.21	4.88±0.40	5.01±0.26 †	4.53±0.24	4.87±0.37

Tabla 1. *Ritmo metabólico basal antes y después de 10 semanas de entrenamiento. Los resultados están expresados como media±DS. TM, masa corporal total; FFM, masa libre de grasa. * Diferencias significativas con respecto a la condición de pre-entrenamiento para el mismo grupo, p<0.05; † Diferencias significativas con respecto al grupo resistencia, p<0.05.*

	Pre-entrenamiento			Post-entrenamieto		
	Fuerza	**Resistencia**	**Concurrente**	**Fuerza**	**Resistencia**	**Concurrente**
TM (kg)	76.9±7.4	74.0±5.2	72.8±7.6	78.5±7.4	71.5±5.0 * ‡	73.4±9.4
BF (%)	15.4±2.7	11.8±2.9 ‡	12.2±3.5	14.0±2.7 *	9.5±1.7 *	8.7±1.7 * ‡
FFM (kg)	65.0±6.7	65.2±2.9	63.7±6.9	67.3±7.1 * †	64.6±3.8	66.9±7.8 * †
FM (kg)	11.9±2.3	8.8±2.7	9.1±3.7	11.1±2.1	6.8±1.6 *	6.5±1.9 * ‡

Tabla 2. *Valores de composición corporal antes y después de 10 semanas de entrenamiento. Los resultados están expresados como media±DS. BF, grasa corporal, FM masa grasa. * Diferencias significativas con respecto a la condición pre-entrenamiento para el mismo grupo, p<0.05; † Diferencias significativas con respecto al grupo resistencia, p<0.05; ‡ Diferencias significativas con respecto al grupo fuerza, p<0.05.*

	Pre-entrenamiento			Post-entrenamiento		
	Fuerza	**Resistencia**	**Concurrente**	**Fuerza**	**Resistencia**	**Concurrente**
1 RM press de banca (kg)	76.1±15.7	67.1±11.8	83.2±22.0	94.3±15.3 * † §	66.8±12.0	92.9±21.5 * †
1 RM sentadilla (kg)	94.4±22.3	84.6±10.2	100.2±22.8	116.1±22.4 * †	84.0±11.2	118.9±21.0 * †
VO_2 máx. ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	50.4±4.0	50.7±5.8	52.3±4.4	50.5±4.5	57.1±5.0 * ‡	55.8±5.2

Tabla 3. *Valores de una repetición máxima y potencia aeróbica máxima, antes y después de 10 semanas de entrenamiento. Los resultados son expresados como media±DS. 1 RM, una repetición máxima; VO_2 máx., potencia aeróbica máxima. * Diferencias significativas con respecto a la condición pre-entrenamiento para el mismo grupo, p<0.05; † Diferencias significativas con respecto al grupo resistencia, p<0.05; ‡ Diferencias significativas con respecto al grupo fuerza, p<0.05; § Diferencias significativas con respecto al grupo de entrenamiento de fuerza y resistencia concurrente, p<0.05.*

	Ingesta Energética (kJ/día)	**Carbohidratos (%)**	**Grasa (%)**	**Proteínas (%)**
Pre-entrenamiento				
Fuerza	10542.6±2738.6	54.1±6.6	24.9±7.2	21.1±6.8
Resistencia	11750.9±767.3	59.9±7.3	21.4±2.2	18.5±7.3
Concurrente	11619.9±2237.3	58.2±7.5	24.2±7.7	17.7±4.3
Intra-entrenamiento				
Fuerza	10856.6±2719.6	54.0±7.5	25.5±7.1	20.3±6.3
Resistencia	11857.9±1087.5	61.6±7.1	20.4±2.4	17.7±7.0
Concurrente	11241.1±1923.9	57.7±6.3	24.4±6.3	18.3±4.1
Post-entrenamiento				
Fuerza	10794.7±2592.1	53.6±6.5	23.9±4.5	22.5±3.6
Resistencia	11946.8±1113.7	61.0±6.9	19.8±2.7	19.1±5.4
Concurrente	11660±1893.2	58.3±5.6	23.4±5.5	18.3±3.1

Tabla 4. *Ingesta Nutricional antes y después de 10 semanas de entrenamiento. Los resultados son expresados como medias±DS. No fueron encontradas diferencias significativas entre o dentro de los grupos.*

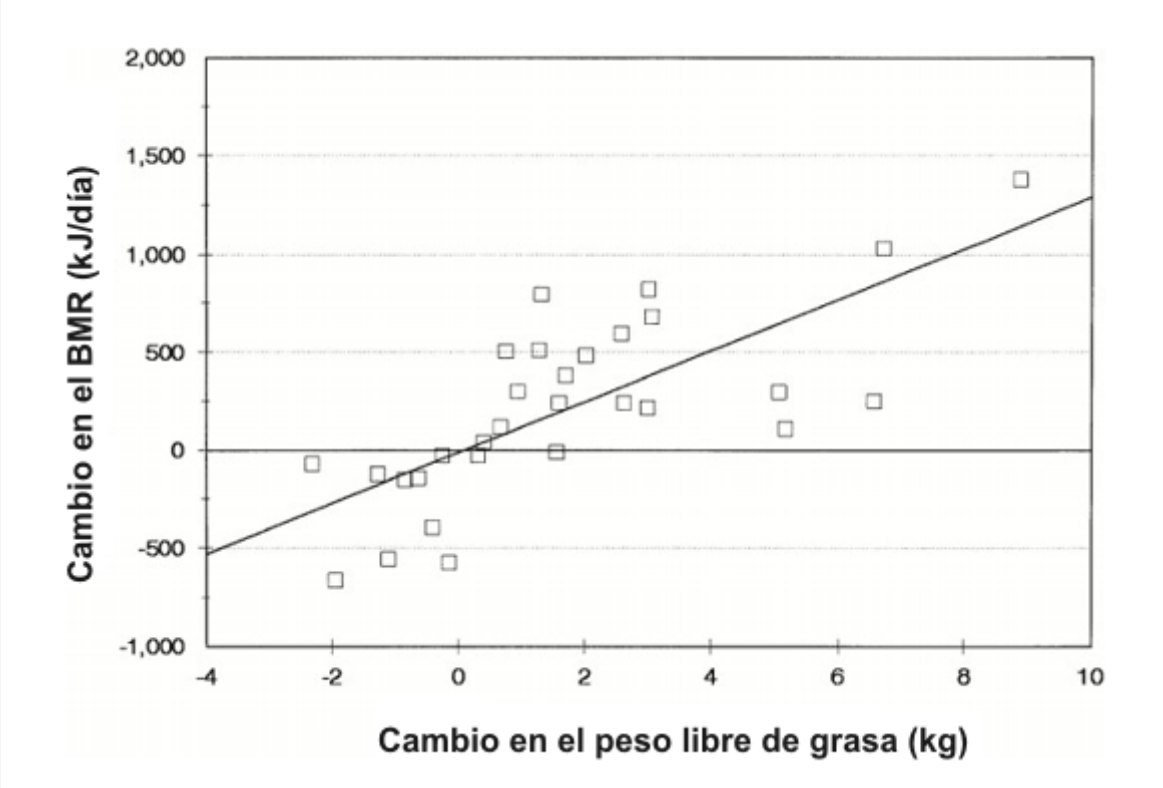


Figura 1. *Correlación entre el cambio en la masa libre de grasa y el cambio en el ritmo metabólico basal (BMR) después de 10 semanas de entrenamiento de fuerza, resistencia o concurrente para un n=30 sujetos.*

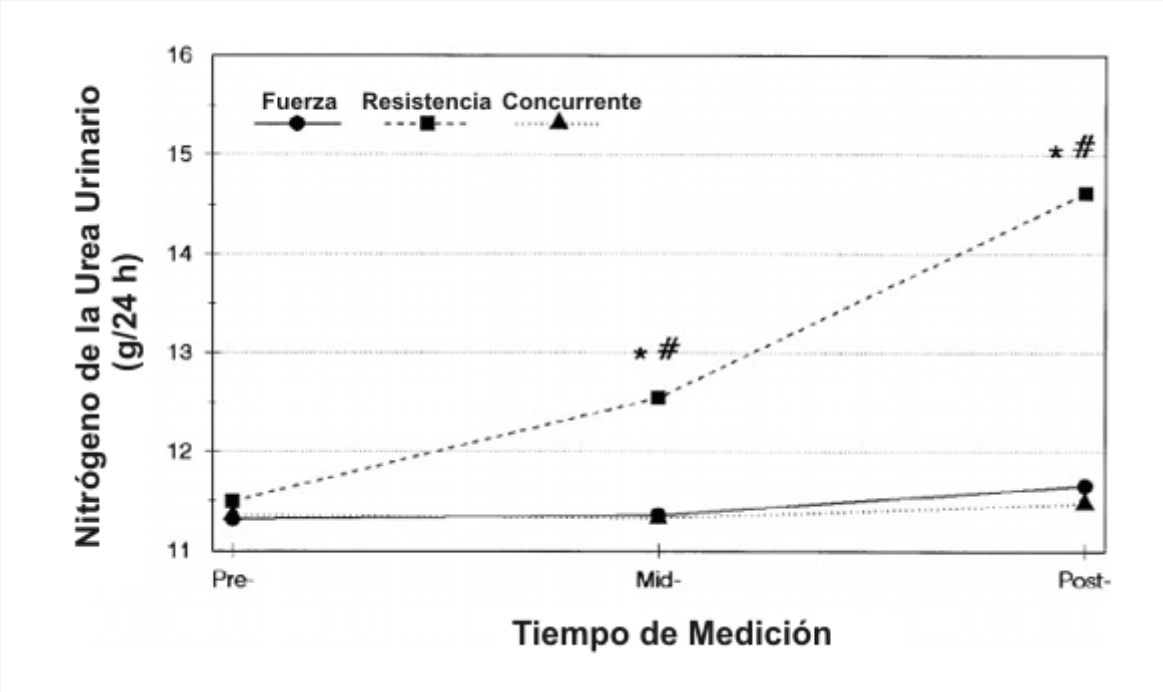


Figura 2. *Valores de nitrógeno de la urea urinario en las condiciones pre-, intra- y post-entrenamiento. Los sujetos participaron en entrenamientos de fuerza, resistencia o concurrentes durante 10 semanas. * Diferencias significativas con respecto a la condición pre-entrenamiento (p<0.001); # Diferencias significativas con respecto a los grupos de entrenamiento de fuerza y de entrenamiento concurrente (p<0.001).*

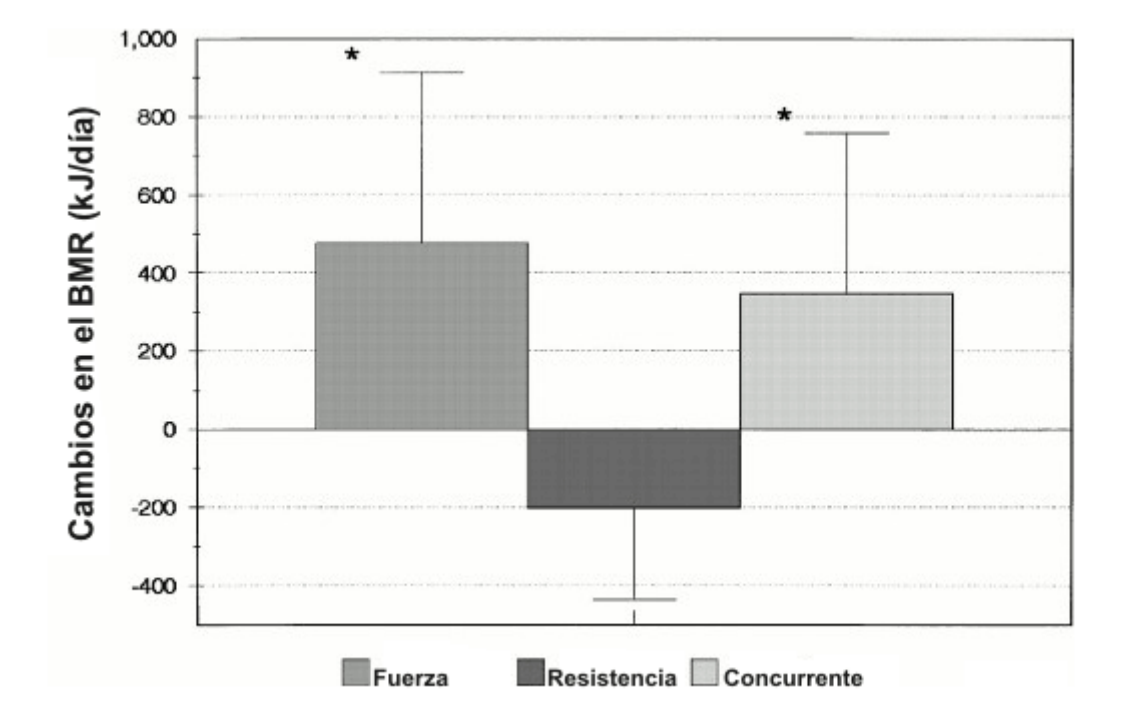


Figura 3. *Cambios en el BMR (kJ/día) para los grupos de entrenamiento de fuerza, resistencia y concurrente. * Diferencias significativas con respecto al grupo de entrenamiento de resistencia (p<0.001).*

Los resultados de la composición corporal para las mediciones pre- y post-entrenamiento son presentados en la Tabla 2. Todos los grupos mostraron disminuciones significativas en la BF desde el inicio de la investigación hasta la semana 10. La comparación entre los grupos demostró una disminución significativamente mayor en la BF y FM para el grupo CT (-3.5±1.8 % y -2.6±1.8 kg, respectivamente) que los grupos RT y ET (RT: -1.4±0.1 % y -0.8±0.2 kg; ET: -2.3±1.2 % y -2.0±1.1 kg, respectivamente). Ambos grupos ET y CT mostraron una disminución significativa en la FM desde el inicio de la investigación hasta la semana 10. Los grupos RT y CT incrementaron significativamente la FFM desde el inicio de la investigación hasta la semana 10 (en 2.7±0.4 kg y 3.2±0.9 kg, respectivamente) y los valores fueron significativamente mayores en comparación con el grupo ET (-1.4±0.9 kg) en la semana 10.

Los resultados de VO_2 máx. y 1 RM para los períodos de mediciones pre- y post-entrenamiento son presentados en la Tabla 3. El grupo ET mejoró significativamente el VO_2 máx. desde el inicio de la investigación hasta la semana 10 (en un 13 %) y, aunque el VO_2 máx. se incremento en el grupo CT (en un 7 %) después del entrenamiento, este valor no fue estadísticamente significativo con respecto al inicio de la investigación. Ambos grupos, RT y CT incrementaron significativamente la fuerza desde el inicio de la investigación hasta la semana 10. Para la evaluación de 1 RM en sentadilla, ocurrieron incrementos significativos para ambos grupos RT (23 %) y CT (19 %), mientras que el grupo ET no tuvo cambios (-0.7 %). Para la evaluación de 1 RM en press de banca, el grupo RT incremento la fuerza significativamente al mayor grado (24 %), y el grupo CT logró incrementos en un grado menor (12 %), mientras que el grupo ET no sufrió cambios (-0.4 %).

La Figura 2 ilustra el nitrógeno de la urea urinario para las mediciones pre-, intra-, y post-entrenamiento en cada grupo. No fueron observadas diferencias significativas en los grupos RT y CT desde las condiciones pre- a intra-entrenamiento y desde la condición intra- hasta la condición post-entrenamiento. El grupo ET no mostró un incremento significativo en el nitrógeno de la urea urinario desde la condición pre- a intra-entrenamiento y desde la condición intra- a post-entrenamiento. Ambas mediciones de nitrógeno de la urea urinario intra- y post-entrenamiento para el grupo ET fueron

significativamente mayores que para los grupos RT y CT.

Los resultados del diario dietario de 3 días están ilustrados en la Tabla 4. No hubo cambios significativos en los patrones dietarios normales de cada grupo entre los períodos de medición (pre- a intra-entrenamiento e intra- a post-entrenamiento).

DISCUSIÓN

BMR y Composición Corporal

Creemos que este estudio es el primero en examinar la influencia del entrenamiento de fuerza y resistencia concurrente sobre el BMR en individuos que realizan una dieta ad libitum. Los resultados de este estudio indican que el BMR absoluto (kJ/día) y el BMR expresado en kJ. kg TM^{-1}. h^{-1} se incremento significativamente a través del período de entrenamiento de 10 semanas para los grupos RT y CT; sin embargo, las diferencias entre los dos grupos no fueron significativas. El BMR absoluto (kJ/día) del grupo ET disminuyo significativamente a través del período de entrenamiento de 10 semanas. La figura 3 representa los valores de cambio en el BMR (kJ/día) entre los grupos.

Nosotros solo fuimos capaces de identificar un estudio en el cual a los individuos se les midió el RMR mientras simultáneamente entrenaban durante 12 semanas. Whatley et al. (30) concluyó que un gran volumen de ejercicios de resistencia en combinación con el entrenamiento de fuerza, sumado a una dieta muy baja en energía podría mejorar la masa corporal y las pérdidas de BF en mujeres obesas. No obstante, Whatley et al. no fueron capaces de asegurar que el entrenamiento de resistencia y fuerza combinado ejerce un efecto positivo sobre el RMR y preserva la FFM. En nuestro estudio, el entrenamiento concurrente de 10 semanas indujo cambios favorables en la masa corporal, así como un incremento en el BMR, ambos podrían ayudar en el control del peso.

Fue encontrada una fuerte correlación entre los cambios en la FFM y el BMR durante las 10 semanas de entrenamiento. Cuando los tres grupos fueron unidos, existió una correlación significativa entre los cambios en los valores pre- a post-entrenamiento para la FFM y el BMR ($r=0.74$, $p<0.01$). Estos hallazgos coinciden con los reportes que han demostrado que la FFM es el mayor determinante intrínseco del BMR (3, 26, 29). Pratley et al. (21) encontraron que el entrenamiento de fuerza en varones sanos ancianos incrementa el BRM, y esto fue acompañado por un incremento en la FFM. El entrenamiento de fuerza periodizado e intenso completado por los grupos RT y CT, en nuestro estudio, promovió más probablemente la hipertrofia muscular, la cual elevo el BMR por medio del incremento de la cantidad total de tejido metabolicamente activo (i.e., FFM). Ha sido demostrado que, mientras que el incremento en el BMR con el entrenamiento de fuerza pueden ser explicado por un incremento concomitante en la FFM, las elevaciones del BMR encontradas con el entrenamiento de resistencia parecen estar parcialmente mediadas por un incremento de la tasa de actividad por kilogramo de tejido (29). Sin embargo, en este estudio, cuando el BMR fue normalizado para la FFM (kJ. kg FFM^{-1}. h^{-1}), no hubo mejoras significativas en el BMR para ninguno de los tres grupos, y en realidad hubo un ligera disminución no significativa en el grupo ET. Este hallazgo no es consistente con muchas de las teorías que han sido propuestas del mecanismo de los incrementos inducidos por el ejercicio en el BMR por la FFM. Esas teorías incluyen incrementos en la concentración de hormonas metabólicas (e.g., cortisol, catecolaminas, y hormona tiroidea), incremento de la actividad de varias reacciones enzimáticas y sistemas de transporte, incremento del flujo de sustratos, reparación del trauma inducido por el ejercicio, e incremento de la síntesis proteica (1, 19).

Nosotros especulamos que los incrementos absolutos en el BMR (kJ/día) encontrados en los grupos RT y CT y la disminución en el BMR encontrada en el grupo ET puede simplemente reflejar ganancias y perdidas en la FFM, respectivamente. Aunque hubo una disminución no significativa en la FFM para el grupo ET durante el estudio de 10 semanas, nosotros creemos que la disminución en el BMR podría todavía haber sido atribuida a las pérdidas de FFM. Esto fue evidenciado por la elevación del grupo ET en el nitrógeno de la urea urinario durante el estudio de 10 semanas (Figura 2). Las fluctuaciones en la FFM pueden ser seguidas por mediciones de los cambios en el nitrógeno de la urea urinario. Debido a que la urea es el producto metabólico de mayor contenido de nitrógeno del catabolismo proteico en los seres humanos, a medida que la FFM es degradada hay una liberación de amoníaco derivado del nitrógeno que causa que el nitrógeno de la urea urinaria se eleve (24). Aunque los niveles de nitrógeno de la urea urinario no se incrementaron significativamente después de días consecutivos de trote, Kolkhorst et al. (14) señalaron que el balance nitrogenado total disminuyo después del ejercicio, infiriendo una mayor pérdida de FFM. En un estudio clínico de pacientes que habían pasado por una cirugía de injerto de bypass para la recuperación de la arteria coronaria, Shaw et al. (24) demostraron incrementos en el nitrógeno de la urea urinario acompañados de pérdida de FFM después de los días iniciales de reposo en cama. Similarmente, los niveles elevados de nitrógeno de la urea urinario en el grupo ET en nuestro estudio fue consistente con una pérdida no significativa de FFM; y nosotros creemos que esta disminución en la FFM podría haber

explicado parcialmente la disminución concomitante en el BMR.

Con respecto a otros cambios en la composición corporal, la BF de los tres grupos disminuyó a través de las 10 semanas de entrenamiento, y solo se redujo la FM de los grupos ET y CT. Melby et al. (7) especularon que los ejercicios de fuerza intensos podrían ser beneficiosos para el control de peso, no solo por el costo calórico directo del ejercicio y la elevación residual aguda del BMR, sino también por la mayor oxidación de grasa post-ejercicio. Aunque nuestro grupo RT mostró una disminución no significativa en la FM durante las 10 semanas, cuando se combino el entrenamiento de fuerza con el entrenamiento de resistencia (el grupo CT), la disminución en la FM y BF se volvió significativa. Esta mayor pérdida de peso puede haberse debido a una mayor cantidad de trabajo (e.g., entrenamiento de fuerza y resistencia en comparación con entrenamiento de fuerza solo), y, de manera similar a lo que hipotetizaron Whatley et al. (30) en su estudio, el costo energético adicional de ejercicio puede haber sido alcanzado por medio de un incremento de la oxidación de grasas.

Fuerza Muscular y Potencia Aeróbica

Los resultados del presente estudio y aquellos de otros (2, 5, 8-13, 15, 16, 18, 22, 23) indican que el entrenamiento de fuerza y resistencia concurrente induce a incrementos de la fuerza muscular y la potencia aeróbica. Sin embargo, los incrementos en la potencia aeróbica y la fuerza muscular de aquellos sujetos que realizan entrenamiento concurrente fueron de menor magnitud de aquellos inducidos por el entrenamiento de resistencia o fuerza solos, respectivamente. Adicionalmente, la realización de entrenamiento de resistencia únicamente no incremento la fuerza muscular, mientras que el entrenamiento de la fuerza incremento la fuerza muscular, pero no la potencia aeróbica.

Mientras que los investigadores han propuesto que el entrenamiento simultáneo parece comprometer más los incrementos de la fuerza que los incrementos de resistencia, cuando los dos modos de entrenamiento comprometen los mismos grupos musculares (5, 8, 13, 18, 23), fue interesante hallar que en este estudio sucedió lo inverso. Esto es, los incrementos del VO_2 máx. estuvieron más comprometidos que los incrementos en la fuerza del tren inferior en el grupo CT. Los incrementos atenuados encontrados en el VO_2 máx. del grupo CT, cuando se los comparo con el entrenamiento de resistencia solo, pudieron ser explicados por interferencias encontradas en las adaptaciones al entrenamiento de la fuerza, las cuales pueden incluir hipertrofia de las fibras y un incremento de las proteínas contráctiles con disminuciones asociadas en la densidad de los capilares y del volumen mitocondrial (2, 9, 16, 22). A la inversa, la teoría que el entrenamiento de resistencia puede impedir el desarrollo de la fuerza promoviendo incrementos en la densidad capilar, la densidad del volumen mitocondrial, la actividad enzimática oxidativa, y disminuciones en el tamaño de las fibras musculares (2, 9, 16, 22), no fue consistente con nuestros datos. En conclusión, los hallazgos de este estudio muestran que 10 semanas de entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia tienen efectos beneficiosos sobre el gasto energético y la pérdida de peso. Mientras que ha sido demostrado que el entrenamiento de modo simple, como el entrenamiento de resistencia o fuerza incrementan la capacidad aeróbica y la fuerza muscular, respectivamente, en este estudio fue demostrado que el entrenamiento concurrente incrementa ambas de estas características a la vez, aunque en una menor magnitud. Además, mientras que el entrenamiento de fuerza solo induce un incremento en la FFM con un incremento concomitante en el RMR, y el entrenamiento de resistencia solo induce pérdidas en la BF y FM, el entrenamiento concurrente comparte todos estos beneficios, y por ello provee la estrategia de programa de ejercicio más efectiva cuando el objetivo es perder peso.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los sujetos los cuales dieron su tiempo y esfuerzo y agradecen a Matt Comeau, Rhonda Stein, Mark Abú, Cynthia Schroeder, Grez Haff, y Chris Thompson por la ayuda en la recolección de los datos.

Notas al pie de página

Este estudio fue apoyado por una Beca de Investigación Estudiantil de la Nacional Strength and Conditioning Association.

Dirección para pedido de reimpresiones

J. A. Potteiger, Dept. of Health, Sport, and Exercise Sciences, 101 Robinson Center, Lawrence, KS 66045-2348 (correo electrónico: japott@ukans.edu).

REFERENCIAS

1. Ballor, D. L., and E. T. Poehlman (1992). Resting metabolic rate and coronary-heart-disease risk factors in aerobically and resistance-trained women. *Am. J.Clin. Nutr. 56: 968-974*

2. Bell, G. J., S. R. Petersen, J. Wessel, K. Bagnall, and H. A. Quinney (1991). Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. *Int. J. Sports Med. 12: 384-390*
3. Bogardus, C., S. Lillioja, E. Ravussin, W. Abbott, J. K. Zawadzki, A. Young, W. C. Knowler, R. Jacobowitz, and P. P. Moll (1986). Familial dependence of the resting metabolic rate. *N. Engl. J. Med. 315: 96-100*
4. Broeder, C. E., K. A. Burrhus, L. S. Svanevik, and J. H. Wilmore (1992). The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am. J. Clin. Nutr. 55: 802-810*
5. Dudley, G. A., and R. Djamil (1985). Incompatibility of endurance and strength training modes of exercise. *J. Appl. Physiol. 59: 1446-1451*
6. Dudley, G. A., and S. J. Fleck (1987). trength and endurance training: are they mutually exclusive?. *Sports Med. 4: 79-85*
7. Fleck, S. J., and W. J. Kraemer (1988). Resistance training: physiological responses and adaptations. *Physician Sportsmed. 16: 108-124*
8. Hennessy, L. C., and A. W. S. Watson (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *J. Strength Cond. Res. 8: 12-19*
9. Hickson, R. C (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur. J. Appl. Physiol. 45: 255-269*
10. Hickson, R. C., B. A. Dvorak, E. M. Gorostiga, T. T. Kurowski, and C. Foster (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J. Appl. Physiol. 65: 2285-2290*
11. Hickson, R. C., M. A. Rosenkoetter, and M. M. Brown (1980). Strength training effects on aerobic power and short term endurance. *Med. Sci. Sports Exerc. 12: 336-339*
12. Hortobagyi, T., F. I. Katch, and P. F. LaChance (1991). Effects of simultaneous training for strength and endurance on upper and lower body strength and running performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness 31: 20-30*
13. Hunter, G., R. Demment, and D. Miller (1987). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *J. Sports Med. Phys. Fitness 27: 269-275*
14. Kolkhorst, F. W., B. R. Londeree, and T. R. Thomas (1994). Effects of consecutive exercise days of jogging or cycling on the resting metabolic rate and nitrogen balance. *J. Sports Med. Phys. Fitness 34: 343-350*
15. Kraemer, W. J., J. F. Patton, S. E. Gordon, E. A. Haraman, M. R. Deschenes, K. Reynolds, R. U. Newton, N. T. Triplett, and J. E. Dziados (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol. 78: 976-989*
16. McCarthy, J. P., J. C. Agre, B. K. Graf, M. A. Pozniak, and A. C. Vailas (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc. 27: 429-436*
17. Melby, C., C. Scholl, G. Edwards, and R. Bullough (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J. Appl. Physiol. 75: 1847-1853*
18. Nelson, G. A., D. A. Arnell, S. F. Loy, L. J. Silvester, and R. K. Conlee (1990). Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Phys. Ther. 70: 287-294*
19. Poehlman, E. T (1989). A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Med. Sci. Sports Exerc. 21: 515-525*
20. Pollock, M. L., L. Garzarella, and J. E. Graves (1995). The measurement of body composition. *In: Physiological Assessment of Human Fitness, edited by P. J. Maud, and C. Foster. Champaign, IL: Human Kinetics, p. 167-204*
21. Pratley, R., B. Nicklas, M. Rubin, J. Miller, A. Smith, M. Smith, B. Hurley, and A. Goldberg (1994). Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men. *J. Appl. Physiol. 76: 133-137*
22. Sale, D. G., I. Jacobs, J. D. MacDougall, and S. Garner (1990). Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc. 22: 348-356*
23. Sale, D. G., J. D. MacDougall, I. Jacobs, and S. Garner (1990). Interaction between concurrent strength and endurance training. *J. Appl. Physiol. 68: 260-270*
24. Shaw, D. K., D. T. Deutsch, P. M. Schall, and R. J. Bowling (1991). Physical activity and lean body mass loss following coronary artery bypass graft surgery. *J. Sports Med. Phys. Fitness 31: 67-74*
25. Siri, W. E (1961). Body composition from fluid spaces and density. *In: Techniques for Measuring Body Composition, edited by J. Brozek, and A. Henschel. Washington, DC: National Academy of Sciences, p. 223-244*
26. Sjodin, A. M., A. H. Forslund, K. R. Westerterp, A. B. Andersson, J. M. Forslund, and L. M. Hambraeus (1996). The influence of physical activity on BMR. *Med. Sci. Sports Exerc. 28: 85-91*
27. Stone, M. H., K. Pierce, R. Goosen, G. D. Wilson, D. Blessing, R. Rozenek, and J. Chromiak (1987). Heart rate and lactate levels during weight training exercise in trained and untrained men. *Physician Sportsmed. 15: 97-105*
28. Thompson, J. L., M. M. Manore, and J. R. Thomas (1996). Effects of diet and diet-plus-exercise programs on resting metabolic rate: a meta-analysis. *Int. J. Sport Nutr. 6: 41-61*
29. Weinsier, R. L., Y. Schutz, and D. Bracco (1992). Reexamination of the relationship of resting metabolic rate to fat-free mass and to the metabolically active components of fat-free mass in humans. *Am. J. Clin. Nutr. 55: 790-794*
30. Whatley, J. E., W. J. Gillespie, J. Honig, M. J. Walsh, A. L. Blackburn, and G. L. Blackburn (1994). Does the amount of endurance exercise in combination with weight training and a very-low-energy diet affect resting metabolic rate and body composition?. *Am. J. Clin. Nutr. 59: 1088-1092*

Cita Original

Brett A. Dolezal and Jeffrey A. Potteiger. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. J. Appl Physiol. Vol. 85, 2, 695-700, 1998.