PubliCE, (PubliCE) 1997

Research

Adaptaciones Fisiológicas a un Régimen Dietario para la Pérdida de Peso y a Programas de Ejercicio en Mujeres

William J Kraemer[1,2,3], Jeff S Volek[1,2], Scott E Gordon[1], Margot Putukian[1], Travis Triplett-McBride[1,2], Jeffrey M McBride[1,2], Kristine L Clark[1], Thomas Incledon[1,2], Susan M Puhl[2,3] y Wayne J Sebastianelli[1]

[1]*Center for Sport Medicine, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania 16802.*

RESUMEN

31 mujeres (edad media 35.4 ± 8.5 años) que tuvieran sobrepeso fueron equiparadas y aleatoriamente asignadas al grupo control (Con; n=6), grupo solo dieta (D; n=8), grupo dieta + entrenamiento aeróbico (DE; n=9), o grupo dieta + entrenamiento de resistencia aeróbica + entrenamiento de la fuerza (DES; n=8). Después de 12 semanas, los tres grupos dietarios demostraron una reducción significativa ($p \leq 0.05$) en la masa corporal, % de grasa corporal, y masa grasa. No se observaron diferencias en la magnitud de pérdida entre los grupos, en la masa libre de grasa, o en la tasa metabólica de reposo. Los grupos DE y DES incrementaron el consumo máximo de oxigeno, y el grupo DES demostró incrementos en la fuerza máxima. La perdida de peso resultó en una reducción similar en el colesterol sérico total, lipoproteinas de baja densidad, y lipoproteinas de alta densidad entre los grupos dietarios. Estos datos indican que la perdida de peso durante la restricción calórica moderada no es alterada por la inclusión de ejercicio aeróbico o ejercicio aeróbico + fuerza, pero la dieta en conjunto con el entrenamiento puede inducir adaptaciones notables en la capacidad aeróbica y la fuerza muscular a pesar de las reducciones significativas en la masa corporal.

Palabras Clave: composición corporal, entrenamiento de la fuerza, lipoproteínas, entrenamiento de la resistencia, ho

INTRODUCCION

Una de las metas de Gente Saludable 2000: Objetivos en la Promoción de la Salud Nacional y Prevención de Enfermedades es reducir el sobrepeso a la preponderancia de no más de 20% entre personas de 20 años de edad y mayores (37). Los datos obtenidos entre 1988-1991 de la Encuesta de Examinación de Salud y Nutrición Nacional (NHANES III) (5) mostró que el numero de mujeres adultas en los Estados Unidos clasificadas como con sobrepeso se ha elevado a 35% en comparación con el 25%, reportado en el NHANES II (1976-1980) (31). Aun no se ha identificado una solución terapéutica práctica dirigida a la predominancia incrementada del sobrepeso. Por ello es necesaria una comprensión incrementada de las estrategias utilizadas para promover la perdida de masa corporal y el mantenimiento de un peso saludable si estas metas sobre la pérdida de peso han de concretarse para el año 2000.

La actividad física en conjunto con una moderada restricción dietaria de energía y la modificación del comportamiento ha sido promovida como un componente importante de un exitoso régimen para perder peso (7, 40). Los resultados de muchos estudios respaldan el rol beneficioso de la combinación de dieta y ejercicio para acelerar la perdida de peso (18, 22, 38), preservar la masa libre de grasa (2, 15, 17, 23, 42, 43) y la tasa metabólica de reposo (RMR) (33, 36) y mejorar el estado de las lipoproteínas séricas (19, 22, 38) y triacilglicéridos (22). Sin embargo los resultados de varios estudios indican, también, que el ejercicio en conjunto con la restricción de alimentos no provee beneficios adicionales en estos parámetros (9, 39, 52). Por otra parte, los estudios que evaluaron el impacto del ejercicio de fuerza de alta intensidad sobre la composición corporal y otras adaptaciones fisiológicas durante la pérdida de peso han reportado hallazgos inconsistentes (3, 11, 12, 36, 43, 46). Por ejemplo, se han reportado resultados conflictivos concernientes al impacto de la restricción dietaria combinado con el entrenamiento de la fuerza sobre la masa magra corporal. Ross y cols. (43) demostraron que el tejido magro es preservado, mientras que Donnelly y cols. (11) no reportaron ventajas de un régimen de entrenamiento de la fuerza para mantener la masa magra corporal. Las inconsistencias reportadas en estudios previos de dieta/ejercicio pueden reflejar diferencias en varios componentes del diseño del programa, tales como la severidad de la restricción dietaria de energía, la composición nutricional y la adecuación de nutrientes a la dieta, modo e intensidad del ejercicio, el cumplimiento dietario y del ejercicio, y la duración total del estudio. De esta manera la influencia del ejercicio, pero más específicamente del entrenamiento de la fuerza, en un programa dietario dirigido a perder peso, permanece incierto.

Otra limitación con respecto a la investigación para examinar los efectos fisiológicos asociados con varias formas de perder peso es que pocos estudios han reportado simultáneamente datos sobre la composición corporal, rendimiento en el ejercicio (fuerza muscular, resistencia, potencia), tasa metabólica, perfil de lípidos sanguíneos, y ningún estudio ha examinado todas estas variables en respuesta al entrenamiento de la fuerza. El resultado de un programa específico para perder peso debe ser juzgado en términos de todas estas variables para hacer comparaciones entre varios programas. Por ejemplo, un programa para perder peso puede mejorar la composición corporal en mayor grado, pero tener un impacto negativo sobre el colesterol sanguíneo, comparado con otro programa para perder peso. Puesto que las mediciones de los lípidos sanguíneos han sido fuertemente correlacionados con el estado de riesgo de enfermedad cardiaca coronaria, esto nos proporciona mucha información en la selección de una estrategia óptima de perdida de peso.

Nosotros hipotetizamos que un régimen de perdida de peso/ejercicio (por ejemplo, restricción calórica moderada y alta en fibras, combinada con un programa de entrenamiento de resistencia y de la fuerza prescripto individualmente, realizado durante 12 semanas) tendría una influencia positiva sobre las mediciones de composición corporal, los perfiles lipídicos sanguíneos, y el rendimiento físico en comparación con un tratamiento solo de dieta. Por ello, el propósito principal de este estudio fue examinar los efectos de solo dieta y dieta combinada con entrenamiento de la resistencia y dieta combinada con entrenamiento de la resistencia y de la fuerza sobre las adaptaciones fisiológicas y la performance en mujeres adultas con sobrepeso.

METODOS

Grupos Experimentales

Este estudio se condujo sobre un período de 12 semanas utilizando el programa de perdida de peso Matola con y sin programas específicos de entrenamiento. Treinta y un mujeres saludables pre menopausicas fueron examinadas por un médico y no demostraron desordenes endocrinos, ortopédicos, u otros desordenes patológicos, excepto por tener sobrepeso (i.e., tener ya sea ≥120% del peso deseable, definido como el punto medio del rango de peso para una mujer mediana sobre la basa de las Tablas Metropolitanas de Peso y Altura de 1983, o tener un índice de masa corporal ≥27). Las mujeres fueron agrupadas de acuerdo al índice de masa corporal y aleatoriamente ubicadas en uno de cuatro grupos que incluyeron un grupo control (Con n=6), que solo realizo la evaluación, manteniendo el peso corporal, y la actividad normal; un grupo dieta (D; n=8), que mantuvo su actividad normal mientras reducía las calorías para la perdida de peso; un grupo dieta que realizo un programa de entrenamiento de resistencia aeróbica 3 días/semana (DE; n=9) y un grupo dieta que realizo un programa de entrenamiento de resistencia aeróbica combinado con un programa de entrenamiento de la fuerza 3 días/semana (DES; n = 8). Cada mujer menstruo normalmente (por ejemplo cada 29-36 días), lo que fue calculado de acuerdo a métodos previamente descritos en detalle, y la evaluación se realizó en la misma fase del ciclo menstrual (27). La evaluación experimental tuvo lugar antes del programa y después de la familiarización experimental, a la 6ta semana, y después de la 12va semana. Los datos descriptivos para los grupos experimentales están presentados en la Tabla 1. No se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables en la lista entre los grupos al comienzo del estudio.

Protocolos de Entrenamiento

Cada sujeto se familiarizó con los protocolos de entrenamiento antes de comenzar su programa. Los programas de

acondicionamiento cardiovascular siguieron guías usuales para la intensidad, frecuencia y duración del ejercicio (24). Los sujetos en los grupos DE y DES participaron en un programa supervisado de ejercicios de resistencia aeróbica corporal total, diseñado para provocar una frecuencia cardiaca objetivo del 70-80% de la capacidad funcional determinada en una evaluación en cinta.

Variable	Con	D	DE	DES
n	6	8	9	8
Edad (años)	31.0 ± 9.6	34.6±10.2	35.6 ± 8.5	36.5 ± 7.6
Altura (m)	1.7 ± 6.9	1.6 ± 7.1	1.7 ± 6.8	1.6 ± 13.1
Masa Corporal (kg)	77.9±12.1	71.4±12.3	77.7±12.2	76.1±13.0
BMI(kg/cm^2)	28.2 ± 4.0	27.3 ± 3.1	28.3 ± 4.2	30.5 ± 5.1
Grasa Corporal (%)	37.4 ± 6.8	38.0 ± 5.5	39.3 ± 4.1	35.0 ± 6.7
Masa libre de grasa (kg)	48.3 ± 5.5	43.8 ± 5.3	47.1 ± 7.6	49.0 ± 5.8
Masa grasa (Kg)	29.6 ± 9.2	27.6 ± 7.8	30.6 ± 6.3	27.2 ± 8.8

Tabla 1. *Datos descriptivos de los grupos experimentales. Los valores están presentados como media±SD; n=Nro. de sujetos. Con, grupo control; D, grupo solo dieta; DE, grupo dieta + entrenamiento de resistencia; DES, grupo dieta + entrenamiento de resistencia + entrenamiento de la fuerza*

Durante la primera semana, cada sesión duro ~30 min (sin incluir la entrada en calor y la vuelta a la calma), y esto se incrementó gradualmente a 50 min. a lo largo de las semanas subsiguientes. La intensidad y duración del ejercicio fue incrementada individualmente para cada sujeto a medida que ocurrieron las mejoras y se incremento la tolerancia. Para diversidad, las actividades de resistencia incluyeron una mezcla de caminata/trote en cinta, bicicleta estacionaria, remo sentado, y escalador estacionario. El programa de entrenamiento progresivo de la fuerza realizado por el grupo DES, consistió en ejercicio de sentadilla realizado en máquinas Tru-Squat (Southern Xercise, Cleveland, TN), y de los siguientes ejercicios adicionales en máquinas Nautilus (Nautilus, Huntersville, NC) para cada uno de los principales grupos musculares: press militar, press de banca, polea al pecho, remo sentado, abdominales, lumbares, prensa de piernas, flexión de rodillas, elevación de pantorrillas, y curl de brazos. El entrenamiento progresivo de la fuerza tuvo lugar tres veces por semana y siguió los principios característicos del entrenamiento de la fuerza con repeticiones máximas (RM) para la progresión del volumen y la carga de un programa de ejercicios (25). El protocolo de entrenamiento de la fuerza también utilizó un modelo de periodización no lineal, esto es, las cargas fueron modificadas dentro de la semana, con cada sujeto variando sus cargas para los ejercicios en días diferentes, alternando entre días con cargas pesadas (5 a 7 RM) y días con cargas moderadas (8 a 10 RM). Los sujetos progresaron desde una a tres series con una pausa corta entre series y ejercicios, cuando se usaban cargas moderadas (i.e., 1 min) y periodos de descanso más largos (2-3 min), cuando se usaban las cargas más pesadas. Esta variación del programa redujo el aburrimiento y ha mostrado realzar las respuestas al entrenamiento de la fuerza comparado con programas con cargas constantes (28).

Evaluaciones Experimentales

Todos las evaluaciones experimentales demostraron una muy buena confiabilidad test-retest a través de la duración del estudio debido a que los coeficientes de correlación intraclase (*r*) fueron determinados para todas las evaluaciones y tuvieron un rango desde 0.94 a 0.98. Todos los sujetos fueron completamente familiarizados con todos los procedimientos de evaluación antes del experimento para reducir la influencia de cualquier efecto de aprendizaje debido únicamente a los mecanismos de realización del protocolo de evaluación.

La masa corporal se midió en una balanza de equilibrio con una apreciación de 100 gr, y la densidad corporal fue determinada por medio de hidrodensitometría. Previamente ha aparecido una descripción detallada del equipamiento y la metodología de las evaluaciones para el pesaje bajo el agua utilizado en esta investigación (1). En general, el pesaje bajo el agua del sujeto se determinó con el uso de una balanza que utiliza cuatro cubos electrónicos (celdas de carga) unidas a un registrador de gráficos. Luego de una exhalación máxima, los sujetos fueron pesados bajo el agua, y las mediciones de sus volúmenes residuales se realizaron a través del uso de la técnica de lavado de nitrógeno en circuito abierto, mientras los sujetos todavía estaban en el tanque. El porcentaje de grasa corporal fue calculado a partir de la densidad corporal utilizando la ecuación de Siri (44). La masa grasa fue determinada multiplicando el porcentaje de grasa por la masa corporal, y la masa libre de grasa se determinó sustrayendo la masa grasa de la masa corporal.

La producción de fuerza máxima fue evaluada a través de la determinación de 1 RM para los ejercicios del tronco y la parte inferior del cuerpo como se describió previamente (29). Evaluamos la fuerza en 1 RM para el tronco y la parte inferior del cuerpo utilizando las maquinas Nautilus y Tru-Squat para el press de banca y la sentadilla respectivamente. Es importante señalar que estas evaluaciones proveen una representación específica de las ganancias en la fuerza muscular de la musculatura del tronco y de la parte inferior del cuerpo, debido a que en la evaluación se utilizaron los ejercicios específicos de entrenamiento.

El consumo máximo de oxigeno se determinó utilizando un test de ejercicio en pendiente en una cinta motorizada Quinton (Seattle, WA) utilizando una modificación del protocolo de Bruce (29). Durante cada etapa del test, la frecuencia cardiaca fue monitoreada continuamente vía electrocardiógrafo de 12 derivaciones (modelo Case-15, Marquette, Milwaukee, WI), y la clasificación del esfuerzo percibido fue registrada a cada minuto. La presión sanguínea se obtuvo cada 2 minutos a través de la auscultación braquial. Los gases espirados fueron analizados durante los últimos 6 minutos de la evaluación utilizando un sistema metabólico automatizado. Los analizadores de gases consistieron en un analizador de CO_2 Beckman LB-2 (Beckman Instrument, Schiller Park, IL) y una analizador de O_2 S3A (Applied Electrochemistry, AEI Technologies, Pittsburg, PA) y fueron calibrados antes de cada evaluación con gases estándar. Los gases estándar se calibraron a través de la metodología Scholander. El flujo se midió con un neumotacómetro Hans Rudolph (modelo 4813) y transducido a volumen con un instrumento Fitco Micro-Flow (modelo FLO-1, Farmingdale, NY). Estas señales fueron integradas a un software de Fitco.

La capacidad de producción de potencia en la parte inferior del cuerpo se determinó utilizando el test de 30 segundos Wingate realizado sobre un cicloergómetro computarizado Monark contra una fuerza opuesta de 0.49 N (0.05 kg)/kg de masa corporal utilizando un protocolo descrito previamente en detalle por Kraemer y cols. (29). Las revoluciones de la rueda fueron monitoreadas electrónicamente a través de una interface de computadora (modelo 55sx, IBM Personal System/2). El pico de potencia (el mayor valor en el 1er seg), potencia media (promedio de las potencias a lo largo de la curva de tiempo) y el porcentaje de descenso (descenso desde el punto mas alto de la curva al punto mas bajo de la curva) fueron calculados por un software asociado.

El RMR se determino solamente antes y después de las 12 semanas de protocolo experimental a través de calorimetría indirecta. Luego de 10 hs de ayuno, los sujetos se reportaron al laboratorio desde las 05:00 a las 06:00 y fueron puestos en posición semireclinada sobre una cama. Luego de un período de estabilización, se determinó el consumo de oxigeno a intervalos de 1 minuto por 30 minutos utilizando el mismo sistema metabólico *online* utilizado para la evaluación máxima en cinta.

Protocolo Nutricional

Una vez por semana todos los participantes que intervinieron asistieron a una reunión de 1 hora de educación nutricional grupal dirigida por un nutricionista registrado. Las sesiones semanales se enfocaron en técnicas de modificación del comportamiento y en educar a los sujetos sobre como implementar un plan saludable, bien balanceado de comidas para la pérdida de masa corporal. Semanalmente las reuniones dirigieron varios temas nutricionales, incluyendo sesiones sobre proteínas, carbohidratos, grasas, fibras, comidas en viajes, comidas en vacaciones, tamaño de las porciones, y así sucesivamente. Nuestro objetivo fue originar una pérdida de 6 a 9 kg de peso en cada sujeto a través de una restricción calórica a lo largo de las 12 semanas del período experimental. Las formas para documentar la ingesta diaria de comida fueron provistas en cada sesión, y estos registros de comida fueron revisados para determinar la adherencia dietaria al comienzo de cada nueva semana. Además, a los sujetos se les proporcionó una provisión para 1 semana de productos Matola en cada encuentro. Brevemente, los productos Matola incluyeron barras de reemplazo de comida empaquetadas altas en fibra, batidos, y cereales. La composición de los macronutrientes de estos productos es mostrada en la Tabla 2. Estos productos se consumieron en lugar de ciertas comidas en una secuencia rotacional de 4 días. Además de otras comidas ingeridas durante el día, los sujetos consumieron los productos Matola en el siguiente orden: un producto en el *día 1*, dos productos en el *día 2*, tres productos en el *día 3*, y ningún producto en el *día 4*. De esta manera se consumieron un total de ~12 productos cada semana. Los sujetos fueron fuertemente estimulados a beber copiosas cantidades de agua a través del día. La masa corporal fue también registrada y graficada en cada encuentro para asegurar una tasa estable de perdida de peso de (0.5-1.0 kg/semana) a lo largo de las 12 semanas del período experimental. La meta del estudio fue no controlar estrictamente lo que los sujetos consumían fuera de su plan de productos Matola.

Nutriente	Barra	Cereal	Batido
Tamaño de la porción (g)	85	61	64
Energía (kcal)	272	215	210
Proteínas (g)	7	6	13
Carbohidratos (g)	49	39	31
Grasas (g)	5	4	4
Grasas Saturadas (g)	1.1	ND	1.6
Grasas Monoinsaturadas (g)	2.5	ND	1.8
Grasas poliinsaturadas (g)	1.4	ND	0.5
Colesterol (mg)	5	0	15
Fibra dietaria (g)	11	8	12

Tabla 2. *Composición de nutrientes de los productos Matola. Los productos individuales proveen del 10-50% de la RDA (requerimientos diarios recomendados) de Estados Unidos para vitaminas y minerales. ND, no disponible*

Se proveyeron muestras de menús para ayudar a los sujetos a seleccionar una variedad de alimentos para sus comidas fuera de los productos Matola. Si la perdida de peso no progresaba a una tasa apropiada o si los sujetos tenían problemas para adherirse al régimen dietario, se les proveía un asesoramiento individual.

Recolección y Análisis Sanguíneos

La sangre se obtuvo de la vena del antebrazo entre las 05:00 y 06:00 luego de 10 horas de ayuno, al inicio, luego de 6 semanas, y después de completar las 12 semanas del programa dietario. La sangre total fue procesada, y las muestras del suero resultante se guardaron a -80ºC hasta que fueran realizados los análisis. Fueron determinadas las concentraciones de glucosa serica, urea sanguínea (BUN), colesterol total, y colesterol de las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y triacilglicéridos por medio de espectrofotometría (Novaspec II, Pharmacia Biochrom, Cambridge, UK), y las concentraciones de testosterona y cortisol fueron determinadas utilizando procedimientos estándar de radioinmunoensayo. La glucosa serica fue analizada en duplicado con el uso de una técnica enzimática (hexoquinasa) a una absorción de 340 nm (Sigma Diagnostic, St. Louis, MO). El colesterol total, colesterol HDL, triacilglicéridos y BUN fueron determinados enzimáticamente en duplicado utilizando *kits* disponible comercialmente (Sigma Diagnostic). Las concentraciones de colesterol LDL fueron calculadas de acuerdo al método de Friedewald y cols (14). Las concentraciones de testosterona y cortisol sericos fueron analizadas utilizando radioinmunoensayo de fase sólida ^{125}I de anticuerpos simple (Diagnostic Products, Los Angeles, CA) con límites de detección de 0.14 y 5.5 nmol/l, respectivamente. La inmunoreactividad fue medida con un contador automático gamma LKB 1272 Clini-Gamma con un sistema reductor de datos *online* (Pharmacia Wallac, Wallac Oy, Finlandia). Las varianzas intra e inter ensayo para todos los análisis fueron <5 y <10%, respectivamente.

Análisis Estadísticos

Las comparaciones entre los valores obtenidos al inicio, semana 6, y semana 12 dentro de cada grupo y entre los grupos en cada punto del tiempo fueron realizadas usando en análisis de varianza de dos vías. En presencia de un valor significativo de F, las comparaciones de medias a posteriori fueron provistas por el test de diferencias mínimas significativas de Fisher. La fuerza de los cálculos estadísticos en esta investigación demostró rangos de fuerza desde 0.75 a 0.78. La correlación entre las variables seleccionadas se realizó utilizando regresión simple. El nivel de significancia fue $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

La tabla 3 muestra la ingesta diaria estimada de nutrientes para los 3 grupos dietarios. No hubo diferencias significativas entre cualquiera de las variables nutricionales examinadas. La ingesta media de energía en los 3 grupos dietarios fue 1.194 kcal/día. Mas del 70% de la energía total estuvo compuesta por carbohidratos, y <15% estuvo compuesto por grasas. La media de fibra dietaria fue >28 g/día.

La figura 1 muestra los cambios en la composición corporal a lo largo de las 12 semanas del programa en los tres grupos de intervención. No se observaron cambios en el grupo control. Se observo una reducción significativa en la masa corporal en la semana 6 en todos los grupos de intervención. A la semana 12, los tres grupos dietarios (D, DE, y DES) redujeron

significativamente la masa corporal en -6.2,-6.8, y -7.0 kg, respectivamente (Figura 1A). En los grupos D y DE, la masa corporal a la semana 12 disminuyó significativamente relativa a sus valores en la semana 6.

Nutriente	D	DE	DES
Energía (kcal)	1.246±148	1.139±111	1.179±191
Proteínas (%)	15.7 ± 2.8	15.3 ± 1.3	15.2 ± 2.2
Carbohidratos (%)	71.6 ± 4.5	71.8 ± 2.5	70.0 ± 3.5
Grasas (%)	12.7 ± 3.1	13.0 ± 1.6	14.8 ± 4.4
Grasas Saturadas (g/1000 kcal)	4.4 ± 1.6	5.0 ± 1.2	5.0 ± 1.5
Grasas monoinsaturadas (g/1000 kcal)	6.8 ± 2.0	7.0 ± 1.5	7.6 ± 1.7
Grasas poliinsaturadas (g/1000 kcal)	4.0 ± 0.7	4.5 ± 1.1	5.0 ± 2.2
Colesterol (mg)	74 ± 32	73 ± 18	89 ± 28
Fibra dietaria (g)	27.8 ± 2.4	28.7 ± 1.9	28.2 ± 4.0

Tabla 3. *Ingesta de nutrientes estimada para los 3 grupos experimentales. Los valores son presentados medias ± DS. La ingesta diaria se calculó a partir los registros de comida de 3 días obtenidos de cada sujeto. Los porcentajes están basados en la ingesta energética total.*

Reducciones significativas en el porcentaje de grasa corporal (Figura 1B) y masa grasa (Figura 1C) se observaron a la semana 6 en los grupos D y DE y en la semana 12 en el grupo DES. Adicionalmente, los grupos DE y DES demostraron una disminución significativa en el porcentaje de grasa corporal y masa grasa a la semana 12 en comparación con sus valores a la semana 6. En la semana 12 los grupos D, DE, y DES redujeron significativamente el porcentaje de grasa corporal en -5.8, -8.0, y -4.3 % respectivamente. No se observaron cambios significativos en la masa libre de grasa a los largo de las 12 semanas en cualquiera de los grupos (Figura 1D). No hubo diferencias en la magnitud de cambios en la masa corporal, porcentaje de grasa corporal, masa grasa, y masa libre de grasa entre los grupos.

Los resultados de la evaluación de la fuerza en 1 RM en los ejercicios de press en banca y sentadilla son presentados en la Tabla 4. No se observaron cambios en los grupos Con, D, o DE. El grupo DES demostró incrementos significativos en la 1 RM en press de banca y sentadilla a la 6 semana, con una mejora continuada en la 12 semana (+14% en el press en banca y +25% en sentadilla) .

Grupo	Inicio	6 semana	12 semana
Con Press de Banca (kg) Sentadilla (kg)	 38.4±6.4 70±20		 39.2±6.3 72±27
D Press de Banca (kg) Sentadillas (kg)	 38.3±4.7 72±30	 37.9±5.2 68±23	 39.9±5.1 78±27
DE Press de Banca (kg) Sentadillas (kg)	 38.3±7.7 74±51	 36.5±9.1 78±45	 38.2±10.0 78±27
DES Press de Banca (kg) Sentadillas (kg)	 37.3±2.6 71±28	 47.5±6.6 * 82±26 *	 51.3±5.2 † * 89±28 † *

Tabla 4. *Fuerza en una repetición máxima en los ejercicios de press de banca y sentadilla al inicio, semana 6 y semana 12. Los valores son presentados como media±SD. *Significativamente diferente con respecto al valor correspondiente al inicio (p< 0.05); † Significativamente diferente con respecto al valor correspondiente a la semana 6 (p< 0.05).*

El consumo máximo de oxigeno expresado en relación a la masa corporal (ml.kg-¹.min-¹), mejoró significativamente en los grupos DE (+25%) y DES (+28%) a la semana 12, pero no en los grupos Con o D (Tabla 5). Cuando se expreso en términos

absolutos (l/min), el consumo máximo de oxigeno se incrementó significativamente en un 15% en el grupo DES y en un 10% en el grupo DE (p=0.12). No hubo cambios en el rendimiento de la potencia anaeróbica en el Test de Wingate en los grupos Con, D, y DES después de 6 o 12 semanas. Sin embargo, en la semana 6 el grupo D demostró un incremento significativo en el pico de potencia (+25%). No hubo diferencias significativas en la RMR cuando la se expresó como kilocalorías por día o kilocalorías por kilogramo de masa libre de grasa en cualquiera de los grupos en las semana 12, sin embargo, el grupo DES demostró un menor índice intercambio respiratorio en la semana 12 (Tabla 6). Debido a que ha sido sugerido que dividir el RMR por la masa libre de grasa es inapropiado, ya que la intercepción de la correlación no interseca en cero (41), la Figura 2 ilustra la correlación entre el RMR y la masa libre de grasa al inicio y en la semana 12 en los grupos D (Figura 2A), grupo DE (Figura 2B) y DES (Figura 2C).

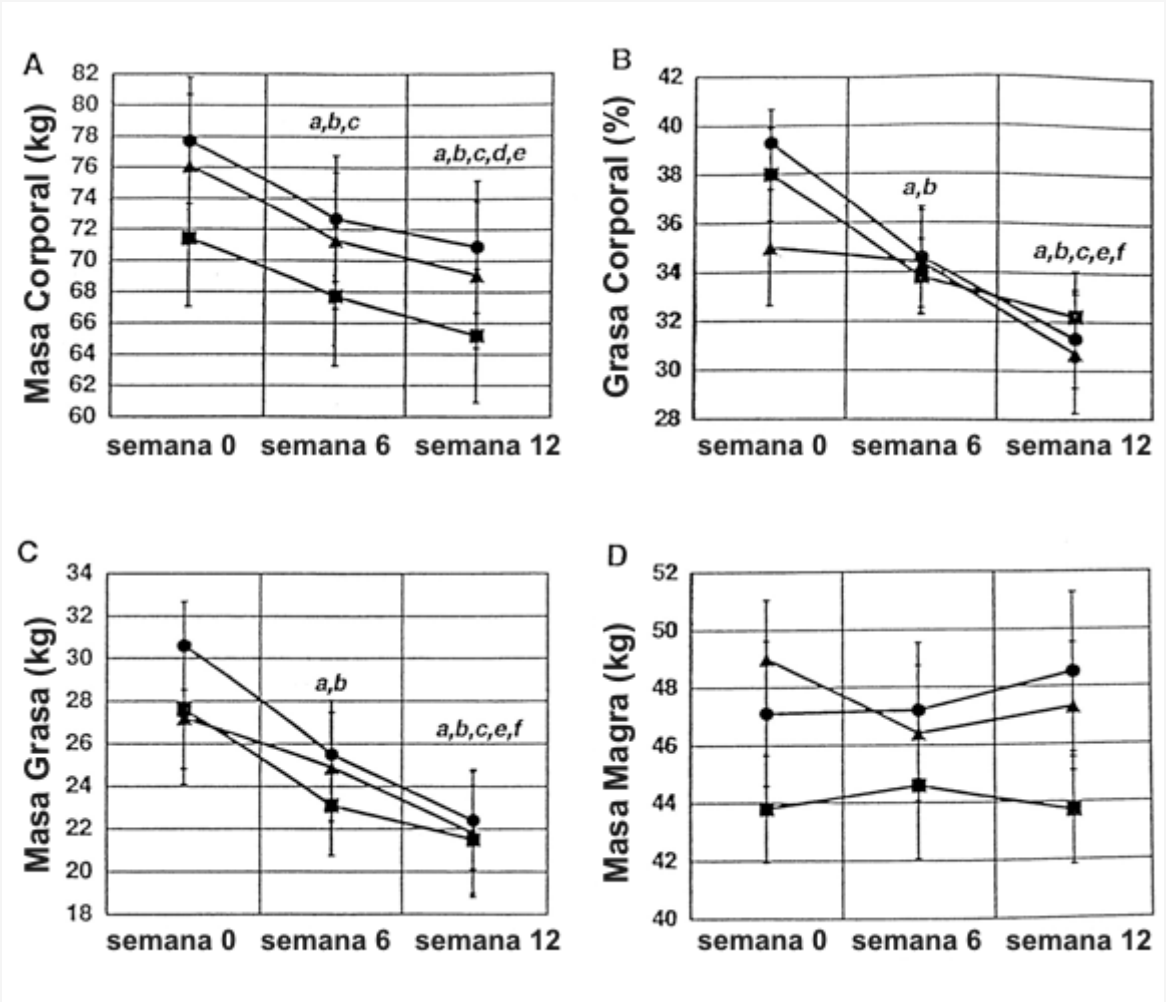


Figura 1. *Masa corporal (A), % de grasa corporal (B), masa grasa (C), y masa libre de grasa (D) media (±SD), en los grupos de intervención en la semana 0 (inicio), semana 6, y semana 12. ■, Grupo solo dieta (D); ●, grupo dieta + resistencia (DE); ▲, grupo dieta + resistencia + fuerza (DES). Significativamente diferente con respecto al valor correspondiente a la condición inicial (p≤0.05): [a]Grupo D, [b]Grupo DE, [c]Grupo DES. Significativamente diferente con respecto al valor correspondiente a la semana 6 (p≤0.05): [d]Grupo D, [e]Grupo DE, [f]Grupo DES.*

Grupo	Inicio	6 semana	12 semana	Cambio
Con ml·kg·min⁻¹ l/min	28.43±8.2 2.18±0.39		31.75±8.12 2.42±0.24	+3.32±4.07 +0.24±0.26
D ml·kg·min⁻¹ l/min	30.38±5.88 2.23±0.42	32.80±5.34 2.23±0.42	34.47±4.51 2.27±0.42	+4.10±4.24 +0.06±0.27
DE ml·kg·min⁻¹ l/min	28.20±3.88 2.23±0.53	33.59±4.22* 2.42±0.39	35.29±4.01 * 2.45±0.25	+7.09±6.19 +0.22±0.43
DES ml·kg·min⁻¹ l/min	27.80±4.52 2.10±0.34	31.95±3.90* 2.25±0.27*	35.42±3.61 * † 2.41±0.27 * †	+7.62±4.97 +0.31±0.23

Tabla 5. *Consumo máximo de oxigeno al inicio, semana 6, y semana 12. Los valores son presentados como media±SD. * Significativamente diferente con respecto al valor correspondiente a la condición inicial (p≤0.05); † Significativamente diferente con respecto al valor correspondiente a la semana 6 (p≤0.05).*

Las concentraciones séricas de triacilglicéridos, glucosa, BUN, y cortisol están presentadas en la Tabla 7. No hubo cambios significativos observados para los triglicéridos, glucosa, BUN, y testosterona séricos, en cualquiera de los grupos. Las concentraciones de cortisol no fueron afectadas en ninguno de los grupos, excepto por niveles significativamente mayores en el grupo DE en la semana 6 y 12. Los porcentajes de cambio en las concentraciones séricas de colesterol total, colesterol HDL y colesterol LDL se muestran en la Figura 3. El colesterol sérico total, colesterol HDL, y colesterol LDL se redujeron significativamente a la semana 12, cuando se combinaron todos los grupos dietarios. Sin embargo, la disminución en el colesterol total fue significativa solo en los grupos DE (-31±10.4 mg/dl) y DES (-36.8±30.3 mg/dl), pero no en el grupo D (-25.6±26.2 mg/dl). El colesterol HDL se redujo significativamente en los grupos D (-9.7 ± 8.6 mg/dl) y DES (-9.4 ± 6.1 mg/dl) a la semana 12, pero no en el grupo DE (-4.9 ± 6.9 mg/dl). Aunque los grupos D, DE, y DES demostraron una disminución en el colesterol LDL en la semana 12 (-17.7±20.2, -23.0±24.6, y -26.6±31.2 mg/dl, respectivamente), solo los resultados en el grupo DE fueron estadísticamente significativos. No hubo diferencias en la magnitud de cambios en ninguno de las mediciones séricas entre los grupos.

Grupo	Inicio	Semana 12	Cambio
Con			
RER	0.86 ± 0.04	0.82 ± 0.04	-0.04
kcal/día	1425 ± 277	1557 ± 256	+132
kcal·kg FFM^{-1}·día^{-1}	29.81 ± 5.62	31.75 ± 1.26	+.94
D			
RER	0.83 ± 0.04	0.85 ± 0.08	+0.02
Kcal/día	1475 ± 104	1400 ± 302	-75
Kcal·kg FFM^{-1}·día^{-1}	33.81 ± 3.12	31.90 ± 6.31	+1.91
DE			
RER	0.84 ± 0.05	0.89 ± 0.06	-0.01
Kcal/día	1517 ± 208	1487 ± 280	-30
Kcal·kg FFM^{-1}·día^{-1}	32.67 ± 2.37	31.66 ± 3.65	-1.01
DES			
RER	0.83 ± 0.05	0.78 ± 0.07*	-0.05
kcal/día	1470 ± 184	1327 ± 199	-143
kcal·kg FFM^{-1}·día^{-1}	30.07 ± 5.20	27.85 ± 3.40	-2.22

Tabla 6. *Determinaciones del ritmo metabólico basal. Los valores son presentados como media±SD. RER, tasa de intercambio respiratorio, FMM masa libre de grasa. *Significativamente diferente del valor correspondiente al inicio P≤0.05.*

Se observaron correlaciones significativas entre los cambios en varias de las variables medidas cuando se combinaron entre los grupos (Tabla 8). Las variables que más fuertemente correlacionaron con el cambio en la masa corporal total fueron el colesterol total (Figura 4) y el colesterol LDL. El cambio en la masa corporal explico del 601% de la variación en el colesterol total y del 48% de la varianza en el colesterol LDL.

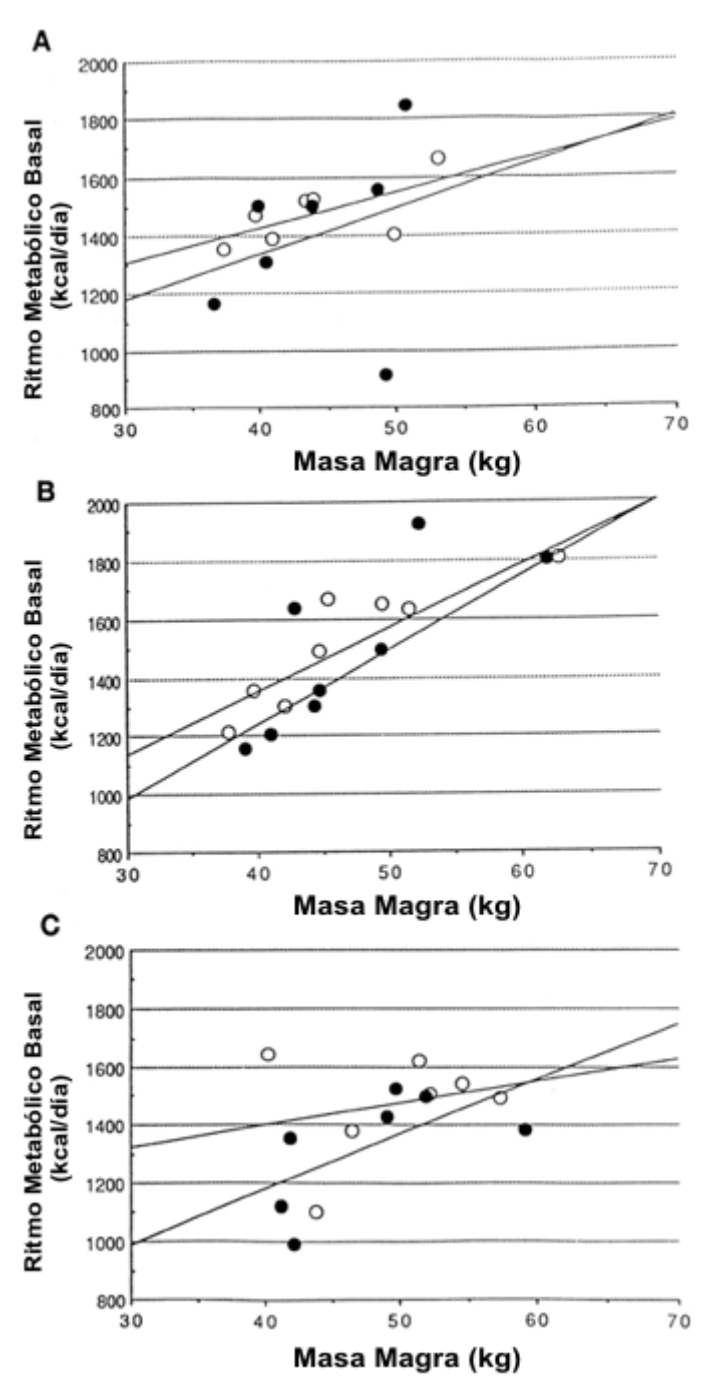


Figura 2. *Correlación entre el ritmo metabólico de reposo y la masa libre de grasa en la condición inicial (○) y en la semana 12 (●) en los grupos D (A), DE (B), y DES (C). A: y=943.48 + 12.08x, r=0.65 (Inicio); y=710.42 + 15.61x, r = 0.28 (semana 12). B: y=442.74 + 23.00x, r=0.89, P≤0.05 (Inicio); y =88.574 + 29.77x, r=0.79, P≤0.05 (semana 12). C: y = 1091.35 + 7.66x, r = 0.25 (inicio); y = 417.55 + 19.02x, r = 0.63 (semana 12).*

Grupo	Inicio	Semana 6	Semana 12
Con			
Glucosa (mg/dl)	94.7 ± 12.0		93.8 ± 8.6
BUN (mg/dl)	10.7 ± 2.1		10.6 ± 2.8
Cortisol (nm/l)	476.2 ± 115.9		578.3 ± 97.3
Testosterona nm/l	1.4 ± 0.3		1.5 ± 0.4
Triglicéridos (mg/dl)	79.1 ± 20.1		84.0 ± 28.5
D			
Glucosa (mg/dl)	129.6 ± 21.9	123.3 ± 20.3	117.3 ± 27.1
BUN (mg/dl)	11.3 ± 4.0	10.6 ± 2.7	9.7 ± 3.0
Cortisol (nm/l)	418.1 ± 156.4	399.8 ± 103.1	460.8 ± 126.6
Testosterona (nm/l)	1.1 ± 0.5	1.1 ± 0.5	1.4 ± 0.6
Triglicéridos (mg/dl)	65.7 ± 11.8	69.1 ± 34.9	74.4 ± 19.2
DE			
Glucosa (mg/dl)	108.9 ± 18.4	116.5 ± 23.1	115.7 ± 20.6
BUN (mg/dl)	9.8 ± 3.3	9.0 ± 2.5	10.5 ± 3.0
Cortisol (nm/l)	405.9 ± 165.9	626.4 ± 257.9*	612.1 ± 209.7*
Testosterona (nm/l)	1.2 ± 0.5	1.2 ± 0.6	1.2 ± 0.4
Triglicéridos (mg/dl)	90.7 ± 60.7	82.7 ± 46.4	83.7 ± 38.3
DES			
Glucosa (mg/dl)	114.1 ± 14.3	119.0 ± 26.9	115.7 ± 20.6
BUN mg/dl	10.0 ± 2.4	9.0 ± 2.8	11.5 ± 3.6
Cortisol (nm/l)	527.6 ± 127.5	587.9 ± 80.6	581.6 ± 174.1
Testosterona (nm/l)	1.5 ± 0.7	1.6 ± 0.9	1.4 ± 0.6
Triglicéridos (mg/dl)	97.7 ± 75.7	90.5 ± 71.5	80.9 ± 27.1

Tabla 7. *Concentraciones séricas de glucosa, BUN, cortisol, testosterona, y triacilglicéridos en la condición inicial, semana 6 y semana 12. Los valores son presentados como media±SD, BUN, urea sanguínea. *Significativamente diferente con respecto al valor correspondiente en la condición inicial (p≤0.05).*

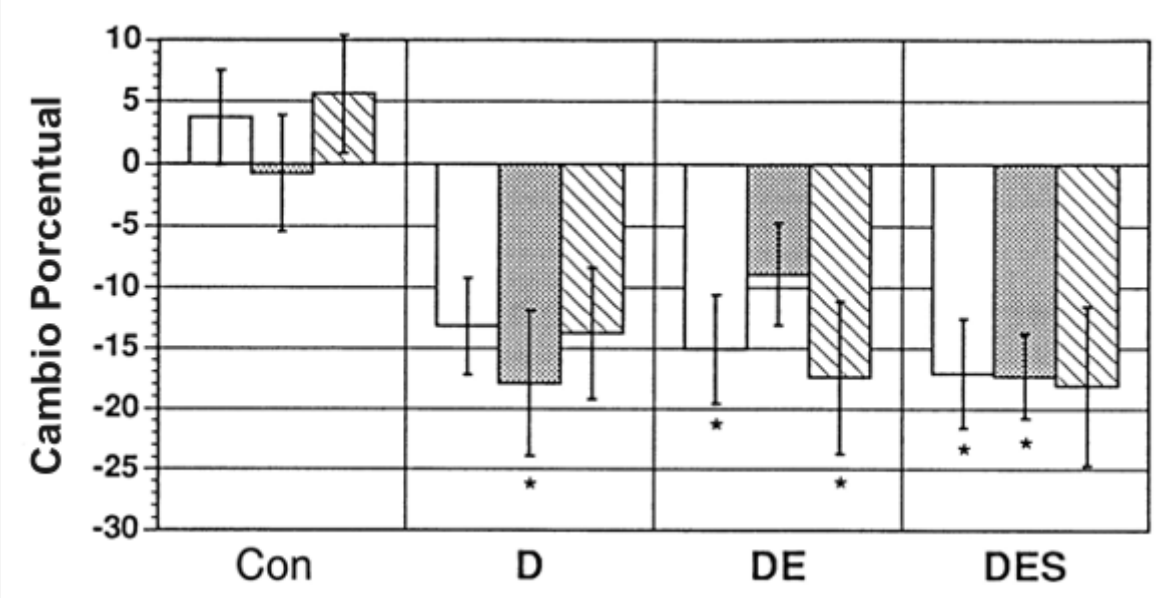


Figura 3. *Porcentajes de cambio (+SE) luego de 12 semanas en el colesterol sérico total (barras abiertas), lipoproteínas de alta densidad (HDL; barras sombreadas), y lipoproteínas de baja densidad (LDL; barras rayadas). Con, control. * Significativamente diferente con respecto a la condición inicial para el cambio absoluto (p≤0.05).*

Variable	Correlación
n	29
Masa corporal vs colesterol	0.77
Masa corporal vs colesterol LDL	0.70
Masa corporal vs colesterol HDL	0.43
Masa corporal vs VO_2 máx.	0.63
Porcentaje de grasa vs ritmo metabólico basal	0.39
Masa libre de grasa vs colesterol	0.37
Masa libre de grasa vs ritmo metabólico basal	0.41
VO_{2max} vs colesterol	0.42
VO_{2max} vs colesterol LDL	0.38

Tabla 8. *Coeficientes de correlación significativos entre los cambios en las variables medidas. n, Nro. de individuos, LDL, lipoproteínas da baja densidad, HDL, lipoproteínas de alta densidad, VO_2 máx., consumo máximo de oxigeno*

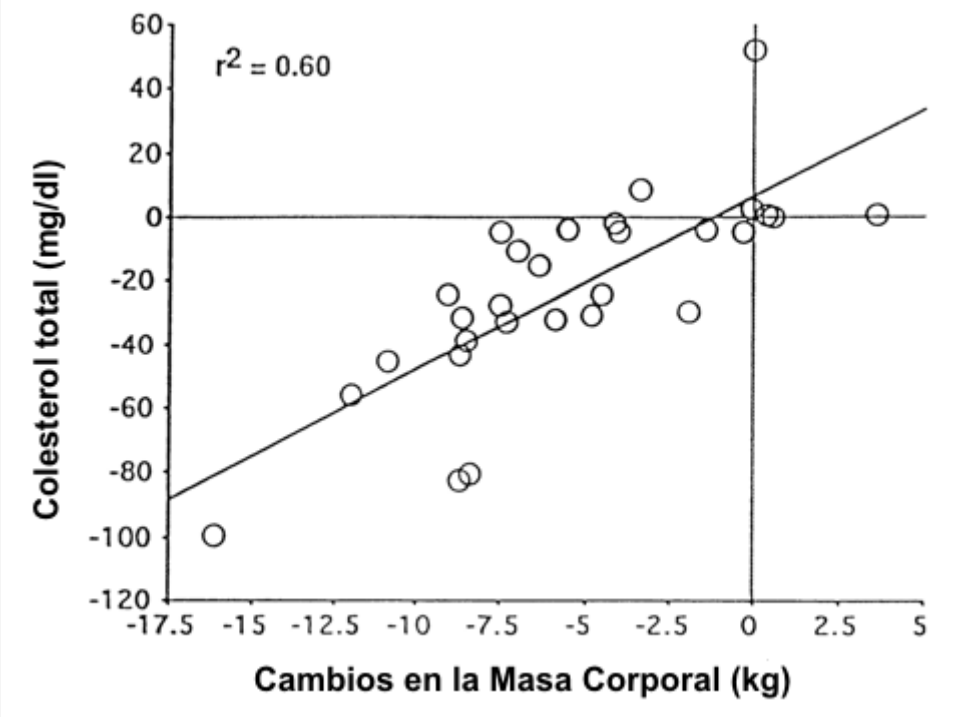


Figura. 4. *Correlación entre los cambios en la masa corporal y los cambios en el colesterol sérico total luego de 12 semanas en todos los grupos combinados (n = 29). ○, Puntos de datos individuales. r^2 = 0.60; P≤0.05.*

DISCUSION

Muchas investigaciones han examinado los efectos fisiológicos asociados con la pérdida de peso inducida por la dieta y la dieta más ejercicio. Se han examinado una variedad de efectos fisiológicos, incluyendo, la apreciación de la composición corporal, desempeño en el ejercicio, RMR, y perfil lipídico sérico. Sin embargo, pocos estudios han contemplado todos estos efectos fisiológicos simultáneamente, y ningún estudio ha examinado todas estas variables en respuesta al ejercicio de fuerza de alta intensidad. . De esta manera, debido a diferencias metodológicas entre estudios, la significancia clínica

(i.e., riesgo de enfermedad cardiaca coronaria) y funcional (i.e., fuerza muscular y capacidad aeróbica) de un régimen particular de perdida de peso puede no ser conocido y debe ser interpolado desde otros estudios. En este estudio, reportamos varios hallazgos importantes relacionados a los efectos de la dieta sola y de la dieta combinada con el ejercicio de resistencia o el ejercicio de resistencia más ejercicio de fuerza de alta intensidad sobre: 1) composición corporal, 2) capacidad aeróbica, 3) fuerza muscular, 4) potencia muscular 5) RMR, 6) lípidos séricos y fracciones de lipoproteínas, y 7) respuestas de las hormonas anabólicas y catabólicas en mujeres adultas con sobrepeso.

Sorprendentemente, todos los grupos dietarios experimentaron reducciones similares en la masa corporal (-6.2, -6.8, y -7.0 kg para los grupos D, DE, y DES respectivamente) y la composición corporal (-5.8, -8.0, y -4.3% en los grupos D, DE, y DES, respectivamente), mientras que la masa libre de grasa permaneció constante (-0.1, +1.4, y -1.7 kg en los grupos D, DE, y DES, respectivamente) a lo largo del período de 12 semanas. Nuestros hallazgos de ausencia de diferencias en la magnitud de la perdida en la masa corporal total, porcentaje de grasa, y masa grasa entre los grupos dietarios coincide con los resultados de Ballor y Poehllman (2), quienes reportaron en un meta-análisis de 46 estudios que el ejercicio no influencia la perdida de masa corporal, el porcentaje de grasa, o la masa grasa comparado con la restricción dietaria sin ejercicio.

Sin embargo, los datos del meta-análisis mostraron que el ejercicio reduce el porcentaje de masa corporal perdido como masa magra durante regímenes de perdida de peso (2).

En contraste, nuestros datos no mostraron perdida en la masa libre de grasa o masa magra, ni diferencias entre los grupos. En respaldo a nuestros hallazgos sobre la masa libre de grasa, un número de estudios usando varios métodos de composición corporal tales como imágenes de resonancia magnética (42, 43), peso hidrostático (3, 34), y bioimpedancia eléctrica (38) han reportado también que la pérdida en la masa libre de grasa está, no solamente atenuada, sino que es mantenida o incrementada cuando se adiciona el ejercicio a la restricción dietaria.

La retención de masa libre de grasa en el grupo D fue inesperada debido a que la restricción dietaria sin ejercicio ha mostrado resultar en reducciones, tanto en la masa grasa como en la masa libre de grasa (ver Ref. 15 para revisiones). El/los mecanismo/s que median esta observación permanecen inciertos.

Es posible que la naturaleza de la dieta alta en fibra resultara en una sensibilidad aumentada para la insulina y menores niveles de insulina (i.e., por reducción de la respuesta glucémica de las comidas) a través del día. El rol de la fibra dietaria y la insulina en la obesidad fue discutida en detalle por Ullrich y Albrink (51). Concentraciones mas bajas de insulina pueden liberar las acciones inhibitorias normales de la acción de la insulina sobre la síntesis de 3,5 adenosina monofosfato, y por ello inhibir las enzimas lipogénicas (i.e., acetil-CoA carboxilasa, piruvato dehidrogenasa, glicerol fosfato transferasa) y estimular las enzimas lipolíticas (i.e., lipasa hormono sensible). Esta situación puede haber creado un ambiente en el cuerpo que posibilita a los sujetos movilizar preferentemente las reservas del tejido adiposo en oposición al músculo esquelético. No poseemos datos sobre las respuestas de la insulina o de la actividad de las enzimas de los sujetos de este estudio. Estudios futuros pueden concentrarse en estos mecanismos potenciales en el contexto de la preservación de la masa libre de grasa durante la perdida de peso. Alternativamente, la restricción calórica menos severa, una tasa moderada de perdida de peso, la repleción de vitaminas e ingesta de minerales a los niveles de la RDA, y/o los programas individualizados de intervención nutricional pueden también haber contribuido a nuestros hallazgos.

Se observaron incrementos en la fuerza en los ejercicios de press de banca y sentadilla en el grupo que participo en el programa de entrenamiento de la fuerza.

Las mayores ganancias se produjeron en las primeras 6 semanas, con una mejora continuada a la semana 12 de entrenamiento. Se ha dado poca atención a los cambios en el rendimiento con programas nutricionales de perdida de peso. Además, la mayoría de los programas de entrenamiento de la fuerza no han utilizado altas intensidades de ejercicio, ni han variado el programa a lo largo del tiempo (i.e., entrenamiento periodizado). Estos datos demuestran que con una apropiada prescripción del ejercicio y un programa seguro de perdida de peso, a pesar de la reducción en la masa corporal, se pueden alcanzar respuestas adaptativas positivas con un programa de entrenamiento de la fuerza periodizado de alta intensidad sobre el desempeño en la fuerza. Los beneficios de adicionar ejercicio vienen del hecho de que la capacidad funcional es mejorada. También, ocurren cambios en la composición real y la densidad del músculo y la calidad del tejido nervioso (i.e., tipo de cadena pesada de miosina, tipo de enzimas musculares, cambios en el sistema nervioso, ramas nerviosas, más neurotransmisores, y así) cuando un programa de ejercicio es adicionado al protocolo de perdida de peso (10,45). De hecho, se ha demostrado un incremento en el área de sección cruzada tanto de fibras musculares tipo I (~22%), como tipo II (~28%) en individuos a pesar de una restricción dietaria severa (~800 kcal/día) y una perdida de peso a gran escala (~15 kg) si se realiza entrenamiento de la fuerza (12).

Como se esperaba, ambos grupos que realizaron acondicionamiento aeróbico demostraron incrementos significativos en el consumo máximo de oxigeno expresado en kilogramos de masa corporal en la semana 6 y la semana 12. El hecho de que ambos grupos DE y DES incrementaran el consumo máximo de oxigeno en un 10 y 15% respectivamente, luego de 12

semanas cuando se expreso en término absolutos (l/min) sugiere que el incremento es una verdadera mejora de la capacidad de resistencia cardiovascular y respiratoria y no un artificio de estandarización del consumo máximo de oxigeno por la masa corporal. La razón del incremento ligeramente mayor en el consumo máximo de oxigeno en el grupo DES relativo al grupo DE es incierto. Esta mejorada respuesta al entrenamiento aeróbico en el grupo DES puede reflejar beneficios adicionales de incrementar el volumen de ejercicio, como lo mostró Donnelly y cols (12) en individuos que participaron tanto en entrenamiento de resistencia, como de pesas. Alternativamente, la mayor fuerza en las piernas pudo haber permitido a los sujetos del grupo DES correr más tiempo sobre la cinta, y por ello contribuir a un incremento en el consumo máximo de oxigeno. En respaldo a este hallazgo, Hickson y cols. (20, 21), han reportado también beneficios similares en la capacidad de resistencia cuando se realiza entrenamiento de la fuerza además del programa de entrenamiento de resistencia.

Los cambios observados en el rendimiento anaeróbico a lo largo del programa de entrenamiento de 12 semanas no fueron estadísticamente significativos. Los mecanismos responsables de aumentar los cambios en la fuerza de alta velocidad han mostrado ser diferentes de aquellos que median los cambios en la fuerza de baja velocidad (28). Por ello, la falta de mejora en el componente de potencia del rendimiento es más atribuible al hecho de que ni el entrenamiento de pesas, ni el ejercicio en bicicleta, utilizados en el entrenamiento de resistencia fueron diseñados específicamente con el desarrollo de la potencia en mente. No obstante, no se observaron reducciones en el rendimiento de potencia en cualquiera de los grupos a pesar de las reducciones significativas en la masa corporal.

El hecho de que todos los grupos dietarios demostraron una retención remarcable en la masa magra es también respaldado en parte por los hallazgos en nuestros análisis del RMR. Los datos del RMR, expresados como kilocalorías por día o kilocalorías por kilogramos de masa magra, no fueron diferentes luego de 12 semanas en ninguno de los grupos. Cuando el RMR es expresado relativo a la masa libre de grasa, los individuos más grandes tienden a tener valores más bajos, debido a una sobreestimación de su masa metabólicamente activa en comparación con sujetos más pequeños (41). Por ello se ha sugerido hacer la regresión de la RMR a través de la masa libre de grasa y comparar las líneas de regresión antes y después de la perdida de peso (Figura 2; ver también Ref. 41). La única línea de regresión significativa se obtuvo en el grupo DE, al inicio y después de 12 semanas. Además, el cambio en la masa libre de grasa no correlaciono significativamente con el cambio en el RMR, lo cual coincide con los hallazgos de un meta-análisis sobre los efectos de la dieta y el ejercicio sobre el ritmo metabólica (49). El menor índice de intercambio respiratorio (producción de CO_2 dividido por el consumo de O_2) en el grupo DES a la semana 12 puede indicar una utilización proporcionalmente mayor de grasas en reposo. La incrementada utilización de grasas puede ser una adaptación metabólica que refleja un volumen incrementado de ejercicio realizado por este grupo.

Cuando son considerados todos los grupos que hicieron dieta, hubo una disminución significativa en el colesterol total, colesterol LDL y colesterol HDL. La correlación significativa (r=0.77) entre el cambio en la masa corporal y el cambio en el colesterol total podría indicar que las mayores reducciones en el colesterol sérico se alcanzan en aquellos individuos que reducen la masa corporal en una mayor proporción. Las reducciones en el colesterol sérico y el colesterol LDL son consistentes con un número de estudios que han investigado el impacto de la perdida de peso sobre los lípidos séricos (19, 22, 38). La revisión de la literatura sobre el colesterol HDL podría predecir que esta fracción de lipoproteínas debería incrementarse o permanecer sin cambios en mujeres que toman parte de ejercicio regular vigoroso (ver Ref. 48 para una revisión) y posiblemente disminuir luego de la reducción del peso si la masa corporal no se ha estabilizado (8, 50). Debido a que los individuos en este estudio pueden todavía haber estado perdiendo masa corporal en la semana 12, las conclusiones en consideración de la respuesta potencial de. HDL, deben hacerse con cuidado. Aunque el ejercicio típicamente incrementa el HDL, algunos estudios han mostrado que la restricción dietaria en conjunto con el ejercicio resulta en una pequeña reducción en el colesterol HDL en mujeres (4,19). El hecho de que el colesterol HDL se redujo a pesar de un alto nivel de actividad en este estudio puede ser debido a la naturaleza de la dieta baja en grasa y alta en carbohidratos o a una baja ingesta dietaria de colesterol de los individuos (13, 47). Mensink y Katan (35) mostraron que una dieta alta en fibra y rica en carbohidratos complejos resulto en una reducción significativa en el colesterol HDL y en un incremento en los triacilglicéridos séricos en comparación con una dieta alta en fibra y rica en aceite de oliva (rica en grasas), la cual resultó en una caída específica del colesterol que no es HDL, mientras dejaban sin cambios los valores del colesterol HDL y de los triacilglicéridos. Además, una marcada reducción en la grasa dietaria y un incremento isocalórico en los carbohidratos han mostrado resultar en una disminución en la concentración del colesterol HDL y un incremento en la concentración de triacilglicéridos (30). De este modo, los datos de este estudio y de otros (6, 32) podrían sugerir que la reducción en la grasa per se puede no ser la mejor vía para prevenir las enfermedades cardiacas coronarias, ya que un bajo nivel de colesterol HDL esta asociado con un incremento en el riesgo de enfermedad cardiaca coronaria (16).

La falta de respuesta en la testosterona sérica es consistente con los hallazgos de Staron y cols (45), quienes reportaron un incremento significativo de la testosterona en hombres, pero no en mujeres, que toman parte en ejercicio progresivo de la fuerza. El grupo DES demostró un ligero incremento en el cortisol sérico (+10%), mientras que el grupo DE mostró una elevación significativa (+51%) después de 12 semanas de entrenamiento. Kraermer y cols. (26) reportaron un incremento similar en las concentraciones de cortisol en reposo después de un programa intervalado de sprint, combinado con

entrenamiento de la resistencia en hombres y mujeres. La atenuación en la respuesta del cortisol en el grupo DES relativo al grupo DE puede indicar un efecto protector del entrenamiento de la fuerza (i.e., el entrenamiento de pesas provee un estímulo anabólico que contrarresta la respuesta catabólica del entrenamiento de resistencia). Esto ha sido demostrado en estudios previos en hombres.

En resumen, estos datos indican que la restricción dietaria moderada solamente tiene el mismo efecto sobre la magnitud y composición de las alteraciones de la masa corporal, perfil lipídico sérico, RMR y producción muscular de potencia, que la restricción dietaria combinada con ejercicio en mujeres con sobrepeso. Sin embargo, la dieta en conjunto con el ejercicio de resistencia y el ejercicio de la fuerza de alta intensidad, mejora significativamente el consumo máximo de oxigeno y la fuerza máxima (1 RM) a pesar de una reducción significativa en la masa corporal. Por ello el ejercicio, especialmente el ejercicio de la fuerza de alta intensidad, es un componente importante para la manipulación de programas de peso debido a que mejora la capacidad funcional y la calidad de vida.

Agradecimientos

Queremos agradecer al grupo dedicado de individuos, que hizo posible este proyecto. También, queremos agradecer especialmente a Kathy Buhl y Laura Gerace por la asistencia técnica en la medición de la composición corporal y a Brenda Sinclair por sus contribuciones relacionadas a los aspectos nutricionales de este estudio. Por último, somos afortunados de tener un gran personal en el Centro para la Medicina Deportiva y el Centro Noll para la Investigación Fisiológica y gracias a todos ellos por ayudar en la recolección de datos y el respaldo nutricional.

Notas al Pie

Este estudio fue respaldado en parte por un subsidio de Matola Botánica Internacional (Montreal, Quebec, Canadá).

Dirección para Correspondencia

S.M.Puhl, State University of New York at Cortland, Park Center E-253, Box 2000, Cortland, NY 13045.

N. Travis Triplett-McBride and J. M. McBride, Center for Exercise Science and Sports Management, Southern Cross University, Lismore, New South Wales 2480, Australia

W. J. Kraemer, Center for Sports Medicine, 146 REC Bldg., The Pennsylvania State Univ., University Park, PA 16802.

REFERENCIAS

1. Akers, R., and E. R. Buskirk (1969). An underwater weighing system utilizing "force cube" transducers. *J. Appl. Physiol. 26: 649-652*
2. Ballor, D. L., and E. T. Poehlman (1994). Exercise training enhances fat-free mass preservation during diet-induced weight loss: a meta-analytical finding. *Int. J. Obes. 18: 35-40*
3. Ballor, D. L., V. H. Katch, M. D. Becque, and C. R. Marks (1988). Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *Am. J. Clin. Nutr. 47: 19-25*
4. Brownell, K. D., and A. J. Stunkard (1981). Differential changes in plasma high-density lipoprotein-cholesterol levels on obese men and women during weight reduction. *Arch. Intern. Med. 141: 1142-1146*
5. Centers for Disease Control and Prevention (1994). Daily dietary fat and food-energy intakes. *Third National Health and Nutrition Examination Survey, phase I, 1988-1991. Morb. Mortal. Wkly. Rep. 65: 242*
6. Coulston, A. M., G. C. Liu, and G. Reaven (1983). Plasma glucose, insulin, and responses to high-carbohydrate low-fat diets in normal humans. *Metabolism 32: 52-56*
7. Council on Scientific Affairs (1988). Treatment of obesity in adults. *JAMA 260: 2547-2551*
8. Dattilo, A. M., and P. M. Kris-Etherton (1992). Effects of weight reduction on blood lipids and lipoproteins: a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr. 56: 320-328*
9. Dengel, D. R., J. M. Hagberg, P. J. Coon, D. T. Drinkwater, and A. P. Goldberg (1994). Effects of weight loss by diet alone or combined with aerobic exercise on body composition in older obese men. *Metabolism 43: 867-871*
10. Deschenes, M. R., C. M. Maresh, J. F. Crivello, L. E. Armstrong, W. J. Kraemer, and J. Covault (1993). The effects of exercise training of different intensities on neuromuscular junction morphology. *J. Neurocytol. 22: 603-615*
11. Donnelly, J. E., N. P. Pronk, D. J. Jacobson, S. J. Pronk, and J. M. Jakicic (1991). Effects of a very-low-calorie diet and physical-training regimens on body composition and resting metabolic rate in obese females. *Am. J. Clin. Nutr. 54: 56-61*
12. Donnelly, J. E., T. Sharp, J. Houmard, M. G. Carlson, J. O. Hill, J. E. Whatley, and R. G. Israel (1993). Muscle hypertrophy with large scale weight loss and resistance training. *Am. J. Clin. Nutr. 58: 561-565*
13. Eksteadt, B., E. Jonsson, and O. Johnson (1991). Influence of dietary fat, cholesterol and energy on serum lipids at vigorous physical exercise. *Scand. J. Clin. Lab. Invest. 51: 437-442*

14. Friedewald, W. T., R. I. Levy, and D. S. Fredriksen (1972). Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma without the use of preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem. 18: 499-502*
15. Garrow, J. S., and C. D. Summerball (1995). Meta-analysis: effects of exercise, with or without dieting, on body composition of overweight subjects. *Eur. J. Clin. Nutr. 49: 1-10*
16. Gordon, T., W. P. Castelli, M. C. Hjortland, W. B. Kannel, and T. R. Dawber (1977). High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease: the Framingham study. *Am. J. Med. 62: 707-714*
17. Hackman, R. M., B. K. Ellis, and R. L. Brown (1994). Phosphorus magnetic resonance spectra and changes in body composition during weight loss. *J. Am. Coll. Nutr. 13: 243-250*
18. Hagan, R. D., J. S. Upton, L. Wong, and J. Whittam (1986). The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. *Med. Sci. Sports Exerc. 18: 87-94*
19. Hammer, R. L., C. A. Barrier, E. S. Roundy, J. M. Bradford, and G. Fisher (1989). Calorie-restricted low-fat diet and exercise in obese women. *Am. J. Clin. Nutr. 49: 77-85*
20. Hickson, R. C., B. A. Dvorak, E. M. Gorostiaga, T. T. Kurowski, and C. Foster (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J. Appl. Physiol. 65: 2285-2290*
21. 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*
22. Hill, J. O., D. G. Schlundt, T. Sbrocco, T. Sharp, J. Pope-Cordle, B. Stetson, M. Kaler, and C. Heim (1989). Evaluation of an alternating-calorie diet with and without exercise in the treatment of obesity. *Am. J. Clin. Nutr. 50: 248-254*
23. Hill, J. O., P. B. Sparling, T. W. Shields, and P. A. Heller (1987). Effects of exercise and food restriction on body composition and metabolic rate in obese women. *Am. J. Clin. Nutr. 46: 622-630*
24. Kenny, L. W., R. H. Humphrey, and C. X. Bryant (Editors) (1995). ACSMs Guidelines for Exercise Testing and Prescription (5th ed.). *Baltimore, MD: Williams & Wilkins*
25. Kraemer, W. J., and S. J. Fleck (1988). Resistance training: exercise prescription. *Phys. Sports Med. 16: 69-81*
26. Kraemer, W. J., S. J. Fleck, R. Callister, M. Shealy, G. A. Dudley, C. M. Maresh, L. Marchitelli, C. Cruthirds, T. Murray, and J. E. Falkel (1989). raining responses of plasma beta-endorphin, adrenocorticotropin, and cortisol. *Med. Sci. Sports Exerc. 21: 146-153*
27. Kraemer, W. J., S. J. Fleck, J. E. Dziados, E. A. Harman, L. J. Marchitelli, S. E. Gordon, R. Mello, P. N. Frykman, L. P. Koziris, and N. T. Triplett (1993). Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *J. Appl. Physiol. 75: 594-604*
28. Kraemer, W. J., and L. P. Koziris (1994). Muscle strength training: techniques and considerations. *Phys. Ther. Prac. 2: 54-68*
29. Kraemer, W. J., J. Patton, S. E. Gordon, E. A. Harman, 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*
30. Krauss, R. M (1982). Regulation of high density lipoprotein levels. *Med. Clin. North Am. 66: 403-431*
31. Kuczmarski, R., K. M. Flegal, S. M. Campbell, and C. L. Johnson (1994). Increasing prevalence of overweight among US adults. *The National Health and Nutrition Examination Surveys, 1960 to 1991. JAMA 272: 205-211*
32. LaRosa, J. C., A. G. Fry, R. Muesing, and D. R. Rosing (1980). Effects of high-protein, low-carbohydrate dieting on plasma lipoproteins and body weight. *J. Am. Diet. Assoc. 77: 264-270*
33. Lennon, D., F. Nagle, F. Stratman, E. Shrago, and S. Dennis (1985). Diet and exercise training effects on resting metabolic rate. *Int. J. Obes. 9: 39-47*
34. Marks, B. L., A. Ward, D. H. Morris, J. Castellani, and J. M. Rippe (1995). Fat-free mass is maintained in women following a moderate diet and exercise program. *Med. Sci. Sports Exerc. 27: 1243-1251*
35. Mensink, R. P., and M. B. Katan (1987). Effect of monounsaturated fatty acids versus complex carbohydrates on high-density lipoproteins in healthy men and women. *Lancet 1: 122-125*
36. National Center for Health Statistics (1995). Healthy People 2000 Review, 1994. *Hyattsville, MD: US Public Health Service*
37. Pavlou, K. N., J. E. Whatley, P. W. Jannace, J. J. DiBartolomeo, B. A. Burrows, E. A. M. Duthie, and R. H. Lerman (1989). Physical activity as a supplement to a weight-loss dietary regimen. *Am. J. Clin. Nutr. 49: 1110-1114*
38. Phinney, S. D., B. M. LaGrange, M. O'Connell, and E. Danforth (1988). Effects of aerobic exercise on energy expenditure and nitrogen balance during very low calorie dieting. *Metabolism 37: 758-765*
39. Physical Activity and Public Health (1995). A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA 273: 402-407*
40. Ravussin, E., and C. Bogardus (1989). Relationships of genetic, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *Am. J. Clin. Nutr. 49: 968-975*
41. Ross, R., H. Pedwell, and J. Rissanen (1995). Effects of energy restriction and exercise on skeletal muscle and adipose tissue in women as measured by magnetic resonance imaging. *Am. J. Clin. Nutr. 61: 1179-1185*
42. Ross, R., H. Pedwell, and J. Rissanen (1995). Response of total and regional lean tissue and skeletal muscle to a program of energy restriction and resistance exercise. *Int. J. Obes. 19: 781-787*
43. Siri, W. E (1956). Gross composition of the body. *In: Advances in Biological and Medical Physics, edited by J. H. Lawrence, and C. A. Tobias. New York: Academic*
44. Staron, R. S., D. L. Karapondo, W. J. Kraemer, A. C. Fry, S. E. Gordon, J. E. Falkel, F. C. Hagerman, and R. S. Hikida (1994). Skeletal muscle adaptations during the early phase of heavy-resistance training in men and women. *J. Appl. Physiol. 76: 1247-1255*
45. Sweeney, M. E., J. O. Hill, P. A. Heller, R. Baney, and M. DiGirolamo (1993). Severe vs moderate energy restriction with and without exercise in the treatment of obesity: efficiency of weight-loss. *Am. J. Clin. Nutr. 57: 127-134*
46. Tan, M. H., M. A. Dickinson, J. J. Albers, R. J. Havel, M. C. Cheung, and J. L. Vigne (1980). The effect of a high cholesterol and saturated fat diet on serum high-density lipoprotein-cholesterol, apoprotein A-I and apoprotein E levels in normolipidemic

humans. *Am. J. Clin. Nutr. 33: 2559-2565*
47. Taylor, P. A., and A. Ward (1993). Women, high-density lipoprotein cholesterol, and exercise. *Arch. Intern. Med. 153: 1178-1183*
48. 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*
49. Thompson, P. D., R. W. Jeffery, R. R. Wing, and P. D. Wood (1979). Unexpected decrease in plasma high density lipoprotein cholesterol with weight loss. *Am. J. Clin. Nutr. 32: 2016-2021*
50. Ullrich, I. H., and M. J. Albrink (1985). The effect of dietary fiber and other factors on insulin response: role in obesity. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol. 5: 137-155*
51. Van Dale, D., W. H. M. Saris, P. F. M. Schoffelen, and F. Ten Hoor (1987). Does exercise give an additional effect in weight reduction regimens?. *Int. J. Obes. 11: 367-375*

Cita Original

William J. Kraemer, Jeff S. Volek, Kristine L. Clark1, Scott E. Gordon1, Thomas Incledon1, Susan M. Puhl, N. Travis Triplett-McBride, Jeffrey M. McBride, Margot Putukian1, Wayne J. Sebastianelli. Physiological adaptations to a weight-loss dietary regimen and exercise programs in women. J Appl Physiol 83: 270-279, 1997