

EL ENTRENAMIENTO FÍSICO CON SOBRECARGA MEJORA LA CONDICIÓN FÍSICA Y LA SALUD, INDEPENDIEMENTE DE LA MODIFICACIÓN DEL PESO CORPORAL O COMPOSICIÓN CORPORAL

¹Ramírez Campillo, R., ¹Arcay Montoya, R. (r.ramirez@ulagos.cl)

¹Departamento Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile

Recibido: mayo de 2011; Aceptado: junio de 2011.

RESUMEN

OBJETIVO: determinar los efectos de un programa de entrenamiento físico sobre la condición física, salud y antropometría, en sujetos obesidad. **MÉTODOS:** en la investigación participaron hombres sedentarios de mediana edad, todos con índices de masa corporal entre 33 a 45 kg/m². Los voluntarios fueron divididos en un grupo control (GC; n=4; 50±2 años de edad) y un grupo sometido a entrenamiento físico (GE; n=4; 45±3,6 años de edad). El entrenamiento físico tuvo una duración de 12 semanas. En este periodo los sujetos completaron 20 sesiones, realizando 8 ejercicios con sobrecarga (sentadilla, press banco, extensiones de rodilla, prensa de piernas, press tras nuca, flexiones de tronco, flexiones de codo y extensiones de codo), 2 series/ejercicio, con una intensidad de 8-12 RM/serie y una pausa de descanso entre series y/o ejercicios de 1-2 minutos. Además, entre las sesiones 15 a 20, los sujetos ejecutaban 5-7 ejercicios localizados adicionales (flexiones de tronco isométrico, prensa de pierna unilateral, flexión de codo unilateral, extensión de rodilla unilateral, flexión de rodilla unilateral, extensión de codo unilateral, remo erguido unilateral), donde realizaban una serie de 60 segundos para cada ejercicio, utilizando una intensidad que les permitía llegar a la fatiga muscular al finalizar los 60 segundos de trabajo y empleando una pasusa de descanso de 60 segundos entre ejercicios. Todas las sesiones fueron supervisadas por el investigador principal y tuvieron una duración de 40-60 minutos. Antes de iniciar, y al finalizar el plan de entrenamiento físico, los sujetos de ambos grupos fueron sometidos a mediciones de peso corporal, porcentaje de grasa corporal, presión sanguínea sistólica y diastólica, ritmo cardíaco en reposo, rendimiento físico aeróbico y resistencia muscular de tren superior e inferior. Para analizar los resultados de las mediciones, se emplearon estadísticos descriptivos y de comparación, estableciendo significancia estadística en P<0.05. **RESULTADOS:** ninguno de los grupos demostró una modificación significativa de peso corporal o porcentaje de grasa corporal (P>0.05). El GC no modificó de manera significativa su presión sanguínea, ritmo cardíaco en reposo, rendimiento físico aeróbico o resistencia muscular. Por su parte, el GE incrementó significativamente su rendimiento físico aeróbico (P<0.05), su resistencia muscular de tren superior e inferior (P<0.05), mientras que redujo significativamente su ritmo cardíaco en reposo (P<0.05), así como también logró una reducción significativa de presión sanguínea sistólica (P<0.05) y diastólica (P<0.05). Además, la modificación de rendimiento físico aeróbico, resistencia muscular de tren superior, reducción de ritmo cardíaco en reposo, reducción de presión sanguínea sistólica y diastólica, fue significativamente superior a la modificación experimentada por el GC. **CONCLUSIÓN:** los resultados demuestran que 20 sesiones de entrenamiento físico con sobrecargas, en un periodo de 3 meses, pueden provocar cambios significativos en diversas variables fisiológicas relacionadas con la salud y el rendimiento físico, independiente de las modificaciones del peso corporal o composición corporal. **PALABRAS CLAVE:** entrenamiento anaeróbico; entrenamiento localizado; entrenamiento de alta intensidad; salud; obesidad.

INTRODUCCIÓN

Las respuestas y/o adaptaciones frente al entrenamiento dependen de una serie de factores, como la duración, frecuencia e intensidad del entrenamiento (Kraemer, W.J., Ratamess, N.A., 2004), así como de algunas características que presenten los sujetos sometidos a entrenamiento, como su condición física, edad, sexo, entre otras (de Villarreal, E.S., et al. 2010; de Villarreal, E.S., et al., 2009; Ramírez, R., 2010 Rhea, M.R., et al. 2003). Sin embargo, al someterse a un plan de entrenamiento, las variables antropométricas no jugarían un rol tan relevante al momento de determinar las modificaciones de parámetros relacionados con la salud y/o condición física frente a este (Saavedra, C., Diaz, X., 2011).

El efecto independiente del ejercicio y/o condición física sobre la salud se ha podido determinar en varios estudios. En uno de estos, un grupo de 25.714 varones fueron sometidos a evaluaciones de fitness cardiorrespiratorio e índice de masa corporal (IMC) (entre otras variables), para luego ser seguidos por un periodo de hasta 24 años. Se pudo observar que un bajo nivel de fitness se asoció fuerte e independientemente con morbilidad y mortalidad cardiovascular, con una importancia similar al de la diabetes mellitus y otros factores de riesgo cardiovascular (Wei, M., et al. 1993). En otro estudio, 12.417 varones fueron sometidos a evaluaciones de fitness cardiorrespiratorio e IMC. Luego de un promedio de 7.7 años de seguimiento, los sujetos con sobrepeso u obesidad, que presentaron elevado nivel de fitness inicial, presentaron menor mortalidad (McAuley, P.A., et al. 2010). Cuando ocho sujetos obesos y sedentarios se sometieron 4 semanas de entrenamiento, con una frecuencia de 5 días/semana, frente a una intensidad equivalente a la máxima tasa de utilización de lípidos por minuto (FATmax), estos no modificaron la composición corporal o la condición física, aunque si experimentaron un incremento de 44% en su capacidad para oxidar lípidos durante el ejercicio, un incremento de 23% en su sensibilidad insulínica y una reducción en la respuesta de insulina frente a una carga oral de glucosa (Venables, M.C., Jeukendrup, A.E., 2008). En otro estudio, 18 hombres y mujeres sedentarios fueron sometidos a 6 meses de entrenamiento. Al finalizar el entrenamiento se observó un incremento en la sensibilidad a la insulina, junto con un incremento en la actividad de la lipasa plasmática, sin una modificación en el IMC, circunferencia de cintura, o incluso sin modificaciones del fitness cardiorrespiratorio (Duncan, G.E., et al. 2003).

En relación al entrenamiento de sobrecarga, un grupo de 57 hombres y mujeres con sobrepeso (IMC ≥ 27 kg/m²) y diabetes mellitus tipo 2, fueron sometidos a 2 meses de entrenamiento con sobrecarga, 2 sesiones/semana, 60 min/sesión, 8 ejercicios/sesión, 3 series/ejercicio, 8 repeticiones/serie. Se observó una mejora de su control glicémico (reducción de 0.4% HbA_{1C}) (Dunstan, D.W., et al. 2006). En otro estudio, 9 mujeres postmenopáusicas, con diabetes tipo 2, fueron sometidas a 16 semanas de entrenamiento combinado de sobrecarga y aeróbico. El entrenamiento con sobrecarga se desarrollaba 2 veces por semana, 6 ejercicios/sesión, 3 series/ejercicio, 12 repeticiones/serie, 60% de 1RM. El entrenamiento aeróbico se desarrollaba 2 veces/semana, 75 min/sesión, 60-80% FCmax. Luego de 4 semanas, se observó un incremento de fuerza, resistencia aeróbica, reducción del área bajo la curva de glucosa e insulina, y una reducción de hemoglobina glicosilada. Luego de 16 semanas de entrenamiento, la fuerza muscular y la resistencia aeróbica continuaron incrementándose de manera significativa, mientras que el área bajo la curva de glucosa e insulina continuaron disminuyendo significativamente (-12,5% y -38%, respectivamente, respecto de los valores basales), al igual que la hemoglobina glicosilada (-0,8%, respecto de los valores basales). Estos cambios se observaron a pesar que la masa corporal y el IMC no se modificaron significativamente (Tokmakidis, S.P., et al. 2004). Otro estudio sometió a un grupo de 31 sujetos (21 mujeres y 10 hombres) de alto riesgo (66 años de edad, diabetes tipo 2), a 16 semanas de entrenamiento progresivo con sobrecarga de alta intensidad, con una frecuencia de 3 sesiones/semana. Se pudo observar una reducción significativa de hemoglobina

glicosilada (-1,1%), un incremento en las reservas de glucógeno muscular (31%) y una reducción (vs. grupo control) en la dosis de medicación prescrita para la diabetes (-72%). Por su parte, el grupo control experimentó una reducción (-30%) en las reservas de glucógeno muscular y un incremento (42%) en la dosis de medicación prescrita para la diabetes. En forma significativamente superior al grupo control, el grupo entrenado experimentó una reducción en la presión sanguínea sistólica (-9.7 mgHg) (Castaneda, C., et al. 2002).

A pesar de lo anterior, relativamente pocos estudios han analizado el efecto del entrenamiento con sobrecarga sobre la condición física y/o salud, y menos aún en sujetos con sobrepeso/obesidad, que no son sometidos a una reducción de peso concomitante.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de un programa de entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad, sobre la salud y condición física de varones obesos, no sometidos a reducción de peso corporal.

MÉTODOS

Sujetos

En el estudio fueron incluidos 12 varones sedentarios (>12 meses sin participación regular en programa formal de entrenamiento), obesos (33 a 45 kg/m²), con al menos 3 factores de riesgo de enfermedad cardiovascular. Los sujetos fueron divididos al azar en dos grupos: un grupo experimental (GE; n=6; 45±3.6 años de edad) y otro control (GC; n=6; 50±2 años de edad). Los sujetos participaban 1 vez por semana en partidos recreativos de fútbol sala.

El Comité de Ética del Departamento de Ciencias de la Actividad Física de la Universidad de Los Lagos aprobó el estudio y los sujetos firmaron un consentimiento informado de participación.

Se descartó la participación de sujetos que se encontraran participando regularmente en algún tipo de actividad física/deportiva competitiva; a aquellos que presentaran problemas ortopédicos que impidieran la ejecución de los ejercicios o evaluaciones; sujetos con cirugías ortopédicas o cardiovasculares; sujetos que se encontraran participando en programas de reducción de peso corporal; sujetos que no fuesen capaces de caminar por al menos 12 minutos.

Tests realizados

Peso corporal. *Evaluado mediante balanza electrónica marca TANITA (modelo TBF-521), expresándose en kilogramos. Para su estimación, el sujeto debió subir a la balanza con pies descalzos y ropa ligera en dos oportunidades. Si la diferencia entre las dos mediciones era superior a 0.1 kg, se realizaba una tercera medición. En caso de realizar 3 mediciones, el promedio de estas se utilizaba para el análisis de datos. El evaluador anotaba los datos en la planilla de registro pertinente.*

Porcentaje de grasa corporal. *Evaluado por bioimpedanciometro (TANITA, modelo TBS-521), con electrodos para la planta de los pies, expresándose como porcentaje de la masa corporal total. Para la administración del test, los sujetos subían al bioimpedanciometro con pies descalzos y ropa ligera. El evaluador anotaba los datos en la planilla de registro pertinente.*

Presión sanguínea. Evaluada mediante monitor digital automático (OMRON, modelo HEM-7136), expresándose en mmHg. Para la evaluación el sujeto debía estar sentado y relajado durante la medición (luego de 5 minutos de reposo), vistiendo una polera de manga corta o similar. Su antebrazo se apoyaba en una mesa y el codo quedaba en ángulo de 90° aproximadamente. En ningún momento el sujeto debía empuñar la mano. El evaluador procedía a colocar el brazo del evaluado en el instrumento de medición, esperando la lectura del resultado. El evaluador anotaba los datos en la planilla de registro pertinente.

Frecuencia cardíaca en reposo. Evaluada mediante reloj Polar a1 (Electro Oej – Professorintie - 90440 KEMPELE – Finlandia), expresándose en latidos/minuto. Para la evaluación, el sujeto debía estar relajado y sentado (luego de 5 minutos de reposo). El reloj era colocado sobre la muñeca desnuda del sujeto, mientras que la banda pulsómetro era colocada en el torso desnudo del sujeto. Luego de 5 minutos, se obtenía el promedio de frecuencia cardíaca obtenido por el sujeto. El evaluador anotaba los datos en la planilla de registro pertinente. Cabe señalar que la frecuencia cardíaca frente a esfuerzo físico submáximo de carga absoluta también fue determinada, pero solo en el GE. Esto se realizó mediante reloj Polar a1 (Electro Oej – Professorintie - 90440 KEMPELE – Finlandia), expresándose en latidos/minuto. Para la evaluación, el sujeto debía pedalear sobre un cicloergómetro, frente a una carga de 100W, durante 10 minutos. Luego de los 10 minutos se obtenía el promedio de frecuencia cardíaca obtenido por el sujeto. El evaluador anotaba los datos en la planilla de registro pertinente.

Rendimiento físico aeróbico. Evaluado mediante el *Physitest Canadiense*. Para su ejecución, los sujetos debían bajar y subir, en 6 tiempos (marcados según grabación musical), escalones de madera de 30cm, durante periodos de 3 minutos. Al finalizar un periodo, se determinaba la frecuencia cardíaca del sujeto, mediante palpación de la arteria carótida. Si el valor era muy elevado (de acuerdo a tablas normativas según edad y sexo), el sujeto debía detenerse. Alternativamente, el sujeto podía detenerse voluntariamente por fatiga, dolor en el pecho u otra dolencia. Los sujetos debían bajar y subir el escalón con espalda recta, y al encontrarse en la parte inferior o superior del escalón, ambas piernas debían estar completamente extendidas antes de iniciar el ascenso o descenso, respectivamente, de este. El orden de los pies (si el derecho o izquierdo inicia el ascenso/descenso) no se controló. El rendimiento fue expresado en minutos y fracción de minuto. Para la administración del *Physitest Canadiense* se utilizó un equipo de música y una cinta magnetofónica (debidamente calibrada).

Resistencia muscular. Evaluada por test en pesos libres (sentadilla paralela para tren inferior y press banca para tren superior). El sujeto debía realizar tantas repeticiones como pudiese con una sobrecarga que le signifique una sensación RPE de 16. El RPE se determinó en forma isométrica, esto es, mediante la mantención de una sobrecarga sobre los trapecios en la posición intermedia de la sentadilla paralela (donde los muslos se encuentran paralelos al suelo) y mediante la mantención de una sobrecarga con los codos en 90° aproximadamente (posición intermedia del curl de bíceps). El rendimiento se expresó en kilogramos, en base a la multiplicación del peso utilizado y la cantidad de repeticiones completadas.

Todas las evaluaciones de rendimiento físico implicaban la realización de un calentamiento con ejercicios de caminata, estiramiento y acciones submáximas específicas. Todas las evaluaciones fueron llevadas a cabo a la misma hora del día y por el mismo evaluador. Se solicitó a todos los sujetos asistir a las evaluaciones en ropa deportiva, con al menos 3 horas post última comida, ingesta de café, alcohol y/o tabaco. Las mediciones se realizaron durante 3 días antes del inicio del plan de entrenamiento físico.

Entrenamiento

El entrenamiento físico tuvo una duración de 12 semanas. En este periodo los sujetos completaron 20 sesiones, realizando 8 ejercicios con sobrecarga (sentadilla, press banco, extensiones de rodilla, prensa de piernas, press tras nuca, flexiones de tronco, flexiones de codo y extensiones de codo), 2 series/ejercicio, con una intensidad de 8-12 RM/serie y una pausa de descanso entre series y/o ejercicios de 1-2 minutos. Además, entre las sesiones 15 a 20, los sujetos ejecutaban 5-7 ejercicios localizados adicionales (flexiones de tronco isométrico, prensa de pierna unilateral, flexión de codo unilateral, extensión de rodilla unilateral, flexión de rodilla unilateral, extensión de codo unilateral, remo erguido unilateral), donde realizaban una serie de 60 segundos para cada ejercicio, utilizando una intensidad que les permitía llegar a la fatiga muscular al finalizar los 60 segundos de trabajo y empleando una pausa de descanso de 60 segundos entre ejercicios. Todas las sesiones fueron supervisadas por el investigador principal y tuvieron una duración de aproximadamente 40-60 minutos, incluyendo un periodo de calentamiento de aeróbico de 10 minutos y un periodo de 10 minutos de retorno a la calma.

Análisis estadísticos

Para analizar el comportamiento de las variables en estudio, se utilizó un procedimiento de análisis cuantitativo, con pre y post pruebas. Para el análisis, presentación e interpretación de los datos, se utilizó desviación estándar (DS); promedio (X); prueba “t” de Student de significancia para muestras independientes, mediante la cual se pudo determinar si la diferencia existente entre el valor promedio de una misma variable, pero en grupos diferentes, era estadísticamente significativa; prueba “t” de Student de significancia para muestras no independientes, mediante la cual se pudo determinar si la diferencia existente entre el valor promedio de una misma variable, obtenido por un mismo grupo, en dos condiciones experimentales diferentes, era estadísticamente significativa. Para el análisis se utilizó el programa computacional Microsoft Office Excel, versión 2007. El nivel de significancia estadística se estableció en $P < 0.05$.

RESULTADOS

Peso corporal y porcentaje de grasa corporal

El peso corporal no fue modificado significativamente en ninguno de los grupos (GE pre 91.77 ± 22.3 kg, GE post 90.27 ± 21.55 kg; GC pre 89.4 ± 10.3 kg, GE post 89 ± 9 kg). Lo mismo ocurrió con el porcentaje de masa grasa (GE pre $33.83 \pm 10.14\%$, GE post $32.03 \pm 9.02\%$; GC pre $34.35 \pm 3.04\%$, GC post $35.62 \pm 3.75\%$).

Presión sanguínea

La presión sanguínea diastólica disminuyó significativamente en el GE (pre 93 ± 5.87 mmHg; post 81.77 ± 7.43 mmHg), al igual que la presión sanguínea sistólica (pre 140.25 ± 6.49 mmHg; post 124.11 ± 9.81 mmHg). Por otro lado, el GC no modificó significativamente su presión sanguínea diastólica (pre 75.5 ± 0.5 mmHg; post 79.75 ± 3.56 mmHg) o sistólica (pre 119 ± 1 mmHg; post 120 ± 11.24 mmHg). Cabe señalar que antes del inicio del entrenamiento, el GE presentaba valores de presión sanguínea sistólica y diastólica significativamente superiores a los del GC, mientras que en el periodo post entrenamiento estas diferencias ya no fueron observadas.

Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca en reposo disminuyó significativamente en el GE (pre 74 ± 1.22 latidos/minuto; post 57.5 ± 4.97 latidos/minuto), mientras que en el GC no se observaron cambios (pre 68 ± 3 latidos/minuto; post 68 ± 3 latidos/minuto). Cabe señalar que en el periodo pre entrenamiento, se observaron diferencias significativas entre GE y GC, con un mayor valor en el primero. En el periodo post entrenamiento, también se observaron diferencias significativas entre los grupos, pero en esta ocasión el GC presentó un frecuencia cardíaca significativamente superior.

El GE experimentó una disminución significativa de la frecuencia cardíaca durante esfuerzo físico submáximo de carga absoluta (pre 147 ± 11.39 latidos/minuto; post 130.75 ± 9.25 latidos/minuto).

Rendimiento físico aeróbico

El GE demostró un incremento significativo de su rendimiento físico aeróbico (pre 12.75 ± 1.29 minutos; post 16.5 ± 3 minutos), mientras que el GC no modificó significativamente su rendimiento (pre 18 ± 3 minutos; post 16.5 ± 1.5 minutos). Cabe señalar que en el periodo pre entrenamiento existían diferencias significativas entre GE y CG.

Resistencia muscular

El GE demostró un incremento significativo de la resistencia muscular en tren superior (pre 162.25 ± 70.76 kg; post 300 ± 82.46 kg). Desafortunadamente, los datos del GC fueron extraviados y no pudieron ser analizados. En tren inferior, el GE también demostró un incremento significativo de resistencia muscular (pre 647.5 ± 440.78 kg; post 1225 ± 303.1 kg), mientras que el GC no demostró cambios significativos (pre 650 ± 50 kg; post 950 ± 250 kg). No se observaron diferencias significativas entre grupos, ni antes, ni después del periodo de entrenamiento.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio apoyan la idea que señala al entrenamiento con sobrecarga como un método válido para el mejoramiento de la salud y/o condición física en personas con alteraciones metabólicas, cardiovasculares, de IMC y/o composición corporal. Al respecto, un grupo de 57 hombres y mujeres con sobrepeso ($IMC \geq 27$ kg/m²) y diabetes mellitus tipo 2, fueron sometidos a 2 meses de entrenamiento con sobrecarga, 2 sesiones/semana, 60 minutos/sesión, 8 ejercicios/sesión, 3 series/ejercicio, 8 repeticiones/serie. Se observó una mejora de su control glicémico (reducción de 0.4% HbA_{1c}) (Dunstan, D.W., et al. 2006). En pacientes con diabetes tipo 2, el entrenamiento con sobrecarga permitiría una mejora del control glicémico. Además, cuando los pacientes fueron encuestados respecto de su salud física y su calidad de vida, se pudo observar que luego de 22 semanas, aquellos que habían entrenado con sobrecarga reportaron una mejor salud física vs. aquellos que habían entrenado aeróbicamente (Reid, R.D., et al., 2010). En otro estudio, 15 sujetos con diabetes mellitus tipo 2 fueron sometidos a 16 semanas de entrenamiento supervisado, aeróbico+sobrecarga (A+S) o aeróbico (A). Se pudo observar que el área de sección transversal del tejido magro del muslo se incrementó en forma significativamente superior en el grupo A+S ($+15.1$ cm²) vs. grupo A (-5.6 cm²). Los autores especularon que la mayor ganancia de tejido magro a nivel de muslo, observada en el grupo A+S, podría tener importantes implicancias con respecto al ritmo metabólico basal, reserva proteica, tolerancia al ejercicio y movilidad funcional (Marcus, R.L. et al. 2008). En un grupo de 10 mujeres postmenopáusicas (55 años), con diabetes tipo 2, quienes fueron sometidas a 16 semanas de entrenamiento aeróbico+sobrecarga, con una frecuencia de 4 sesiones semanales (2 aeróbicas y 2 de sobrecarga), se pudo observar un incremento significativo de HDL-C (17.2%), fuerza máxima (26% tren superior y 36% tren inferior) y resistencia muscular (17.8%), junto con una disminución

significativa de triglicéridos plasmáticos (-18.9%), hemoglobina glicosilada (-15%), glucosa plasmática en ayuno (-5,4%), resistencia a la insulina (-25.2%) y presión sanguínea en reposo (5% diastólica y 10% sistólica) (Christos, Z.E., et al. 2009). En otro estudio, un grupo de 31 sujetos (21 mujeres y 10 hombres) de alto riesgo (66 años de edad, diabetes tipo 2), fueron sometidos a 16 semanas de entrenamiento progresivo con sobrecarga de alta intensidad, con una frecuencia de 3 sesiones/semana. Se pudo observar una reducción significativa de hemoglobina glicosilada (-1,1%), un incremento en las reservas de glucógeno muscular (31%) y una reducción (vs. grupo control) en la dosis de medicación prescrita para la diabetes (-72%). Por su parte, el grupo control experimentó una reducción (-30%) en las reservas de glucógeno muscular y un incremento (42%) en la dosis de medicación prescrita para la diabetes. En forma significativamente superior al grupo control, el grupo entrenado experimentó una reducción en la presión sanguínea sistólica (-9.7 mgHg) (Castaneda, C., et al. 2002).

Los resultados del presente estudio también apoyan la idea de que el entrenamiento físico puede mejorar la salud y/o condición física, independientemente de las modificaciones de peso y/o composición corporal. Al respecto, se han estudiado 9 mujeres postmenopáusicas, con diabetes tipo 2, las cuales fueron sometidas a 16 semanas de entrenamiento combinado de sobrecarga y aeróbico. El entrenamiento con sobrecarga se desarrollaba 2 veces por semana, 6 ejercicios/sesión, 3 series/ejercicio, 12 repeticiones/serie, 60% 1RM. El entrenamiento aeróbico se desarrollaba 2 veces/semana, 75 min/sesión, 60-80% FCmax. Luego de 16 semanas de entrenamiento, la fuerza muscular y la resistencia aeróbica se incrementaron de manera significativa, mientras que el área bajo la curva de glucosa e insulina disminuyeron significativamente (-12,5% y -38%, respectivamente), al igual que la hemoglobina glicosilada (-0,8%). Estos cambios se observaron a pesar que la masa corporal y el IMC no se modificaron significativamente (Tokmakidis, S.P. et al. 2004). En otro estudio, luego de que 8 sujetos obesos y sedentarios se sometieron 4 semanas de entrenamiento, con una frecuencia de 5 días/semana, frente a una intensidad equivalente a la máxima tasa de utilización de lípidos por minuto (FATmax), estos no modificaron la composición corporal o la condición física, aunque si experimentaron un incremento de 44% en su capacidad para oxidar lípidos durante el ejercicio, un incremento de 23% en su sensibilidad insulínica y una reducción en la respuesta de insulina frente a una carga oral de glucosa (Venables, M.C., Jeukendrup, A.E., 2008). En otro estudio, 18 hombres y mujeres sedentarios fueron sometidos a 6 meses de entrenamiento. Al finalizar el entrenamiento se observó un incremento en la sensibilidad a la insulina, junto con un incremento en la actividad de la lipasa plasmática, sin una modificación en el IMC, circunferencia de cintura, o incluso sin modificaciones del fitness cardiorrespiratorio (Duncan, G.E., et al. 2003).

Se debe considerar que, a pesar de distribuir en forma aleatoria a los sujetos en ambos grupos, en el periodo pre entrenamiento, el GE presentó una presión sanguínea sistólica, presión sanguínea diastólica y una frecuencia cardíaca en reposo, significativamente superior en comparación al GC, además, el rendimiento físico aeróbico era significativamente más bajo en el GE vs. GC. Esto pudo haber influido en los resultados.

CONCLUSIÓN

En el presente estudio se pudo demostrar que, en sujetos sedentarios, obesos, con 3 o más factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, un programa de entrenamiento con sobrecarga, de 12 semanas de duración, con una frecuencia de 1-2 sesiones/semana, puede ser efectivo para inducir modificaciones significativamente favorables en variables relacionadas con la salud cardiovascular y en variables de rendimiento físico aeróbico y de resistencia muscular. Estos cambios podrían conseguirse sin necesariamente modificar la composición corporal y/o el peso corporal.

El programa resultó seguro y efectivo. Ningún sujeto reportó lesiones o sensación de dolor en pecho que indicaran isquemia durante las sesiones de entrenamiento o en las horas posteriores a estas.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Un incremento de los niveles de salud y/o condición física de los sujetos puede repercutir en las diversas esferas del desempeño de estos: social, familiar, laboral, etc.

No sería necesario entrenar más de 1-2 sesiones semanales con sobrecarga (equivalente a una dedicación de 1 o 2 horas por semana) para inducir adaptaciones positivas para la salud y/o rendimiento físico en este tipo de pacientes.

En la semana 15 se incrementó el volumen de entrenamiento con sobrecarga, mediante la inclusión de ejercicios localizados. Este incremento y modalidad de ejercicio demostró ser bien tolerado por los sujetos, y no se reportaron índices de dolor muscular superiores a los reportados luego de la primera semana de entrenamiento con sobrecarga.

LINEAMIENTOS PARA FUTUROS ESTUDIOS

Las diferencias presentadas por los grupos al inicio del estudio, pudieron haber influido en los resultados encontrados. Futuras investigaciones deberán controlar este y otros factores que pueden limitar el poder de las conclusiones.

Las sesiones de de 60 minutos implicaban 40 minutos de sobrecarga y 20 minutos de calentamiento/retorno a la calma. Futuros estudios podrían evaluar el impacto de no realizar las fases de calentamiento/retorno a la calma, con el objetivo de acortar la duración de las sesiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Castaneda, C., Layne, J.E., Munoz-Orians, L., Gordon, P.L., Walsmith, J., Foldvari, M., Roubenoff, R., Tucker, K.L., Nelson, M.E. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes care* 25:2335-2341, 2002.
2. Christos, Z.E., Tokmakidis, S.P., Volaklis, K.A., Kotza, K., Touvra, A.M., Douda, E., Yovos, I.G. Lipoprotein profile, glycemic control and physical fitness alter strength and aerobic training in postmenopausal women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol* 106:901-907, 2009.
3. de Villarreal, E.S., Requena, B., Newton, R.U. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J Science Medicine Sport* 13:513-522, 2010.
4. de Villarreal, E.S., Kellis, E., Kraemer, W.J., Izquierdo, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 23(2): 495-506, 2009.
5. Duncan, G.E., Perri, M.G., Theriaque, D.W., Hutson, A.D., Eckel, R.H., Stacpoole, P.W.. Exercise training, without weight loss, increases insulin sensitivity and postheparin plasma lipase activity in previously sedentary adults. *Diabetes Care* 26:557-562, 2003.

6. Dunstan, D.W., Vulikh, E., Owen, N., Jolley, D., Shaw, J., Zimmet, P. Community center-based resistance training for the maintenance glycemic control in adults with type 2 diabetes. *Diabetes care* 29:2586-2591, 2006.
7. Fleck, S.J., Kraemer, W.J. *Designing resistance training programs* (2nd Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 1997.
8. Kraemer, W.J., Ratamess, N.A. Fundamentals of resistance training: Progression and Exercise Prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 36, No. 4, pp. 674–688, 2004.
9. Marcus, R.L., Smith, S., Morrell, G., Addison, O., Dibble, L.E., Wahoff-Stice, D., Lastayo, P.C. Comparison of combined aerobic and high-force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabetes mellitus. *Phys Ther.* 88(11):1345-54, 2008.
10. McAuley, P.A., Kokkinos, P.F., Oliveira, R.B., Emerson, B.T., Myers, J.N. Obesity paradox and cardiorespiratory fitness in 12,417 male veterans aged 40 to 70 years. *Mayo Clin Proc.* 85(2):115-121, 2010.
11. Ramírez Campillo, Rodrigo . Algunas Preguntas Fundamentales sobre la Oxidación Lipídica durante el Ejercicio Físico. *PubliCE Standard.* 05/04/2010. Pid: 1236.
12. Reid, R.D., Tulloch, H.E., Sigal, R.J., Kenny, G.P., Fortier, M., McDonnell, L., Wells, G.A., Boulé, N.G., Phillips, P., Coyle, D. Effects of aerobic exercise, resistance exercise or both, on patient-reported Elath status and well-being in type 2 diabetes mellitas: a randomised trial. *Diabetologia* 53:632-640, 2010.
13. Rhea, M.R., Alvar, B.A., Burkett, L.N., Ball, S.D. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Mar;35(3):456-64.
14. Saavedra, C., Diaz, X. Variaciones de la actividad enzimática oxidativa del músculo esquelético en sujetos sometidos a baja de peso. http://www.biosportmed.cl/?id_seccion=0002 (acceso 13/06/2011).
15. Tokmakidis, S.P., Zois, C.E., Volaklis, K.A., Kotsa, K., Touvra, A.M. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol* 92: 437-442, 2004.
16. Venables, M.C., Jeukendrup, A.E. Endurance training and obesity: effect on substrate metabolism and insulin sensitivity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 40, No. 3, pp. 495-502. 2008.
17. Wei, M., Kampert, J.B., Barlow, C.E., Nichaman, M.Z., Gibbons, L.W., Paffenbarger, R.S., Blair, S.N. Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA* 282(16):1547-1553, 1999.