

## **EFFECTOS DEL EJERCICIO ENDURANCE SOBRE EL PERFIL DE LÍPIDOS EN MUJERES OBESAS**

Álvarez Lepín, C. (profecristian.alvarez@gmail.com)

Programa de Promoción de la Salud, Centro de Salud Familiar, Los Lagos, Región de Los Ríos, Chile.

Recibido: agosto, 2011; Aceptado: diciembre, 2011.

### **RESUMEN**

**OBJETIVO:** medir los efectos de un programa de ejercicio de endurance sobre variables plasmáticas, antropométricas y cardiovasculares, relacionadas con la salud de mujeres obesas. **METODOLOGIA:** 34 mujeres obesas fueron asignadas a un grupo de entrenamiento aeróbico (n=17), las cuales entrenaron durante 13 semanas; las restantes 17 mujeres participaron como grupo control (n=17). Se midió colesterol total (CT), colesterol LDL (LDL), colesterol HDL (HDL), triglicéridos plasmáticos (TGP), glucosa en ayuna (GI), peso corporal total (PCT), índice de masa corporal (IMC), perímetro de cintura (PC), masa grasa (MG), masa muscular (MM), presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD) y frecuencia cardiaca en reposo (FCR), antes y después de las 13 semanas de entrenamiento. **RESULTADOS:** el entrenamiento modificó favorablemente el perfil lipídico, antropométrico y cardiovascular de las mujeres. **CONCLUSIÓN:** 13 semanas de entrenamiento aeróbico pueden favorecer la salud de mujeres obesas. **PALABRAS CLAVE:** ejercicio de endurance; perfil lipídico; obesidad; factores de riesgo.

### **ABSTRACT**

**OBJECTIVE:** to measure the effects of endurance exercise program on plasma variables related to women's health. A second objective was to measure the effects of the exercise program in anthropometric variables and cardiovascular diseases. **METHODS:** Thirty-four obese women (n=34) were assigned to an endurance exercise group (n=17) and control group (n=17). We measured total cholesterol (TC), LDL cholesterol (LDL), cholesterol HDL (HDL), plasma triglycerides (TGP) and fasting glucose (GI), anthropometric variables; total body weight (PCT), body mass index (BMI), waist circumference (PC), fat mass (FM), muscle mass (MM) and cardiovascular variables; systolic blood pressure (SBP) and diastolic (DBP), resting heart rate (FCR). **RESULTS:** Thirteen weeks of endurance exercise can enhance both the lipid profile and anthropometric variables and cardiovascular health related. **CONCLUSION:** 13 weeks of aerobic training can enhance the health of obese woman. **KEY WORDS:** endurance exercise; lipid profile; obesity; risk factors.

### **INTRODUCCIÓN**

El ejercicio endurance (EE) ha sido por excelencia una herramienta eficiente, de bajo costo económico y regularmente utilizada para mejorar la salud en sujetos con obesidad y factores de riesgo cardiovascular (Seals, et al., 1984; Grandjean, et al., 2000; Houmard, et al., 2003; Fernández, et al., 2004; Weise, et al., 2004; Menshikova, et al., 2007; Butcher, et al., 2008; Magkos, et al., 2008; Venables y Jeukendrup, 2008; Wooten, et al., 2009), aplicándose ya sea mediante los métodos como la

caminata, correr u con máquinas de ejercicio como treadmill, cicloergómetros, bicicletas elípticas o bicicletas estáticas, entre varios otros.

El aumento en los niveles de colesterol de baja densidad (CLDL) y triglicéridos plasmáticos (TGP) son considerados factores de riesgo cardiovascular y se relacionan usualmente con un aumento en enfermedades cardiovasculares (Gardner, et al., 1996; Weise, et al., 2005). Otras variables relacionadas con riesgo cardiovascular son una elevada grasa abdominal medida a través del perímetro de cintura (PC) así como un elevado nivel de glucosa en ayuna (Gl: >90 mg/dl), que pueden aumentar la prevalencia a enfermedades como diabetes tipo 2 (Hu, 2003). Según importantes instituciones de salud (World Heart Organization, 1998, 2000), los rangos para estimar el perfil de lípidos alterado son: colesterol total (CT) >200 mg/dl, CLDL>140 mg/dl, colesterol de alta densidad (CHDL) <40 mg/dl y TGP>140 mg/dl.

En presencia de obesidad, el tener algunos factores de riesgo cardiovascular como el perfil lipídico y glucosa fuera de sus rangos normales, el ejercicio endurance (EE) ha demostrado un rol en la mejora de estos (Seals, et al., 1984; Grandjean, et al., 2000; Houmard, et al., 2003; Fernández, et al., 2004; Weise, et al., 2004; Menshikova, et al., 2007; Butcher, et al., 2008; Magkos, et al., 2008; Venables y Jeukendrup, 2008; Wooten, et al., 2009). Por otra parte, una elevada presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) como la presión descrita como normal/alta descrita por (ACSM, 2004), sumado a obesidad podrían generar enfermedades como la hipertensión o diabetes tipo 2 (Hu, et al., 2001). Una amplia responsabilidad de la pandemia mundial de la obesidad y otras enfermedades derivadas de ella han sido atribuidas en parte a la inactividad física (Booth, et al., 2002; NCEP, 2001) y a aspectos referentes a la alimentación de la población de algunas naciones (Albala, et al., 2004).

Hace ya muchos años ya que un compartimiento de la composición corporal como es la masa muscular (MM) ha demostrado también jugar un importante rol en la salud de sujetos con obesidad y factores de riesgo cardiovascular, de hecho algunos autores han reportado al músculo esquelético como el principal tejido en donde se metaboliza alrededor del 75% de la glucosa en presencia de insulina (Baron et al., 1988), además de ser el tejido en donde existe una mayor densidad mitocondrial (Hood, et al., 2007).

Ante tanta cantidad de enfermedades y factores de riesgo cardiovascular, el ejercicio endurance (EE) ha demostrado ser un modo de ejercicio seguro y eficiente en la mejora de algunas variables relacionadas con la salud como lo han reportado (Li y Forstermann, 2000; Booth, et al., 2002; ACSM, 2004), pero lamentablemente muchas naciones aún no incorporan programas de ejercicio regular como medio de promoción, prevención y rehabilitación de la salud a nivel público.

Con la finalidad prevenir la adquisición de factores de riesgo en un grupo de mujeres obesas, el primer objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de un programa de ejercicio endurance (EE) en variables plasmáticas relacionadas con la salud de mujeres con obesidad y un segundo objetivo fue medir los efectos del mismo programa de ejercicio en variables antropométricas y cardiovasculares.

## **MÉTODOS**

### *Sujetos*

Cuarenta mujeres obesas, usuarias del Centro de Salud Familiar del sector El Salto, comuna de Los Lagos, Chile, acudieron al llamado, de las cuales sólo 37 cumplieron con los criterios de inclusión: 1) Obesidad (IMC>25 y <40), 2) no fumadoras, 3) edad entre 20 y 55 años, 4) sin historial de patología o evento cardiovascular. Los participantes fueron asignados de forma aleatoria a un grupo ejercicio

endurance (n=17) y a un grupo control (n=17). Todos los participantes firmaron un consentimiento informado de acuerdo a lo propuesto por el ACSM con la opción de desistir del programa en el momento que la persona así lo considere. El estudio se llevo a cabo tomando en consideración la última declaración de estudios con humanos de Helzinsky de Seúl, Corea 2008. Tres sujetos fueron excluidos del estudio, por motivos familiares, problemas en la adherencia al programa (<80%) y otro por enfermedad respiratoria estacionaria. Las características de los sujetos participantes se pueden apreciar en la Tabla 1:

Tabla 1. Características basales de un grupo de mujeres con obesidad sometidas a ejercicio de endurance (EE) y un grupo control (GC). Los valores se muestran en MEDIA y $\pm$ DS.		
Variables	EE (n=17)	GC (n=17)
Edad (años)	40,2 $\pm$ 1	39,7 $\pm$ 1
PCT (kg)	76,8 $\pm$ 1	80,9 $\pm$ 1
Talla (cm)	1,55 $\pm$ 1	1,59 $\pm$ 1
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	31,5 $\pm$ 5	32,2 $\pm$ 4
PCT: Peso Corporal Total, IMC: Índice de Masa Corporal		

### *Evaluaciones e Instrumentos*

Los sujetos fueron evaluados por un médico, educador físico y técnico paramédico. Mediante la confección de una ficha digital se procedió a almacenar los datos de cada sujeto. Los sujetos de ambos grupos fueron sometidos a un proceso de familiarización durante dos semanas en 2 sesiones por semana.

Para medir el peso corporal total (PCT), se utilizó una báscula marca Health o Meter® (Profesional, USA), con precisión de 0,1 kg y con un tallímetro incorporado, para estimar la masa grasa (MG) y masa muscular (MM) se utilizó una báscula de bioimpedancia digital marca OMRON® (Modelo HBF-INT) de características con funcionamiento podal e incorporado a ella un manubrio que se sujetaba con ambas manos para la estimación de la bioimpedancia de la masa grasa del tren superior, estimada esta variable mediante las ecuaciones provistas por este equipo, similar a lo reportado por (Jebb et al., 2000; Chouinard et al, 2007), solicitándose previamente a cada sujeto no ingerir liquido al menos treinta minutos antes de cada evaluación, además de ser todos los sujetos evaluados sin calzado y con ropa ligera. Cada sujeto fue medido en tres oportunidades, registrándose únicamente el valor de MEDIA de estas tres mediciones.

Para el perímetro de cintura (PC) se utilizo una cinta inextensible marca Hoehstmass® West Germany (1-150 cm) con nivel de precisión de 0,1 milímetro (mm), midiéndose justo por encima de la región anatómica supra iliaca, en el perímetro más ancho. La presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) se midieron con un esfigmomanómetro de mercurio marca Adult Cuff® Tokyo Japón (Modelo ALPK2) durante tres días seguidos en jornada matutina entre las 8:00 am y las 10:00 pm, registrándose el valor de MEDIA de las tres mediciones, la frecuencia cardiaca en reposo (FCR) fue medida mediante un monitor de frecuencia cardíaca marca POLAR® (Modelo RS400) durante 15 minutos en condición de reposo y en posición sentado durante tres días en las mismas condiciones que las variables PAS y PAD. Para la ejecución del programa de ejercicio endurance (EE) se utilizaron cuatro bicicletas estáticas marca LAHSEN® (Modelo DM2500) dispuestas con un dispositivo de pantalla que entregaba datos de frecuencia cardiaca (lat/min), distancia recorrida (mt) y velocidad (km/hora). Cada aparato además disponía de un dispositivo regulador de carga a modo de ejercer un mayor esfuerzo a la musculatura del miembro inferior, lo cual sirvió para regular el esfuerzo cardiovascular siempre de acuerdo a las intensidades de ejercicio previamente establecidas.

Todas las mediciones se realizaron durante dos semanas, en donde los sujetos acudieron al centro de salud. El primer día se realizaron las evaluaciones antropométricas básicas como la talla, PCT, PC. El día segundo y previas instrucciones de ayuno de al menos 12 horas se midieron el CT, LDL, HDL, TGP y Gl, en horario de 8:00 y las 9:00 am. A través de una sonda y una jeringa se extrajeron 4 centímetros cúbicos (cc) de sangre, mediante el método de extracción sangre venosa a nivel de una vena del antebrazo, específicamente en la hendidura de la flexión de codo, las cuales se depositaron en frascos para muestras sanguíneas de 5 cc, depositándose inmediatamente en un contenedor en frío. En un rango no mayor a los 30 minutos las muestras fueron trasladadas y analizadas en el laboratorio clínico del Hospital Base de la ciudad de Los Lagos, Región de Los Ríos, Chile. Las muestras de sangre venosa fueron analizadas en una Centrifuga marca Eppendorf (modelo 5702). Se realizaron 37 análisis de laboratorio (20 para pre test y 17 para post test. Posteriormente durante tres días no consecutivos se evaluaron las variables cardiovasculares PAS, PAD y FCR y las variables MG y MM para registrarse el valor de MEDIA de las tres mediciones.

### *Programa de ejercicio endurance (EE)*

Cada sujeto realizó 40 minutos de ejercicio en bicicleta estática a una intensidad del 70 por ciento de la frecuencia cardíaca máxima (FCM) durante 3 días por semana. La frecuencia cardíaca máxima se estimó a partir de la fórmula  $(220 - \text{edad})$ . Durante el ejercicio cada sujeto podía ejercitarse sólo hasta el 70 por ciento de la FCM o por debajo de este umbral pero no menor al 65 por ciento de esta misma variable (FCM), permitiéndose incrementar la carga de la bicicleta para lograr la intensidad determinada, por efecto de las adaptaciones cardiovasculares y musculares del ejercicio. El programa se ejecutó en un espacio físico dentro del centro de salud en una sala apta para ello en horario entre las 14:00 y las 17:00 horas pm.

Se recomendó a los sujetos abstenerse de ingerir todo tipo de carbohidrato al menos una hora previo a ejercicio así como no ingerir alimento alguno al menos una hora antes y una hora post ejercicio. Durante el ejercicio se permitió ingerir únicamente agua (máximo 300 ml) y se solicitó previo al programa a todos los sujetos no cambiar su dieta.

### *Análisis estadístico*

Todos los datos, tanto del pre test como del post test, fueron ingresados a una planilla Excel de Microsoft Windows® 2007, en la cual además se almacenaron los datos durante la aplicación del programa de ejercicio. Posteriormente los datos se ingresaron al programa estadístico SPSS® versión 18.0. Se obtuvieron valores de cada variable en MEDIA y  $\pm$ SD y se aplicó el test t para muestras relacionadas y el test t para muestras independientes para observar si se produjeron modificaciones significativas intra grupo. Se estableció previamente un error alfa de  $(p \leq 0,05)$  para considerar resultados estadísticamente significativos.

## **RESULTADOS**

En el grupo EE el CT disminuyó en 8,6 mg/dl, correspondiendo ello a una modificación entre el pre test y post ejercicio de -4,2% ( $p = \text{NS}$ ), las lipoproteínas de baja densidad LDL disminuyeron un -1,4 mg/dl, porcentualmente -1% siendo ello ( $p = \text{NS}$ ), las lipoproteínas de alta densidad HDL aumentaron un +4,2 mg/dl siendo resultados estadísticamente significativos ( $p < 0,0004$ ) y los TGP disminuyeron en un -36,5 mg/dl correspondiente a un -26,2%, siendo también resultados estadísticamente significativos respecto al pre test ( $p < 0,001$ ) y al grupo control ( $p < 0,001$ ).

Por su parte el grupo GC presentó los siguientes valores de CT +5,8 mg/dl ( $p<0,02$ ), LDL +13,6 mg/dl ( $p<0,005$ ), HDL -1,1 ( $p=NS$ ) y TGP +8±2 mg/dl ( $p<0,005$ ), modificaciones todas significativas a excepción de las HDL. En el grupo EE, la Gl disminuyó en -3±3 mg/dl ( $p<0,05$ ) respecto al pre test, mientras que el grupo GC presentó un valor aumentado de +2,1±3 mg/dl ( $p=NS$ ) (ver Tabla 2 y Figura 1).

Variables	EE antes	EE después	Mod (%)	GC antes	GC después	Mod (%)
CT (mg/dl)	198,3±5	189,7±3	-4,2	180,5±3	186,3±2	+3,2*
LDL (mg/dl)	133,2±4	131,8±3	-1*	120,8±2	134,4±1	+11,2*
HDL (mg/dl)	41,1±5	45,3±4	+10,2*	45,3±8	44,2±8	-2,4
TGP (mg/dl)	138,8±5	102,3±3	-26,2**	161,4±5	169,4±5	+4,9*
Gl (mg/dl)	90,8±1	87,8±1	-3,3*	90,9±1	93±1	+2,3

Mod: modificación; CT: Colesterol Total; LDL: Lipoproteínas de baja densidad; HDL: Lipoproteínas de alta densidad; TGP: Triglicéridos Plasmáticos. (+) valores aumentados; (-) valores disminuidos; (\*)  $p\leq 0,05$  entre pre y post test.

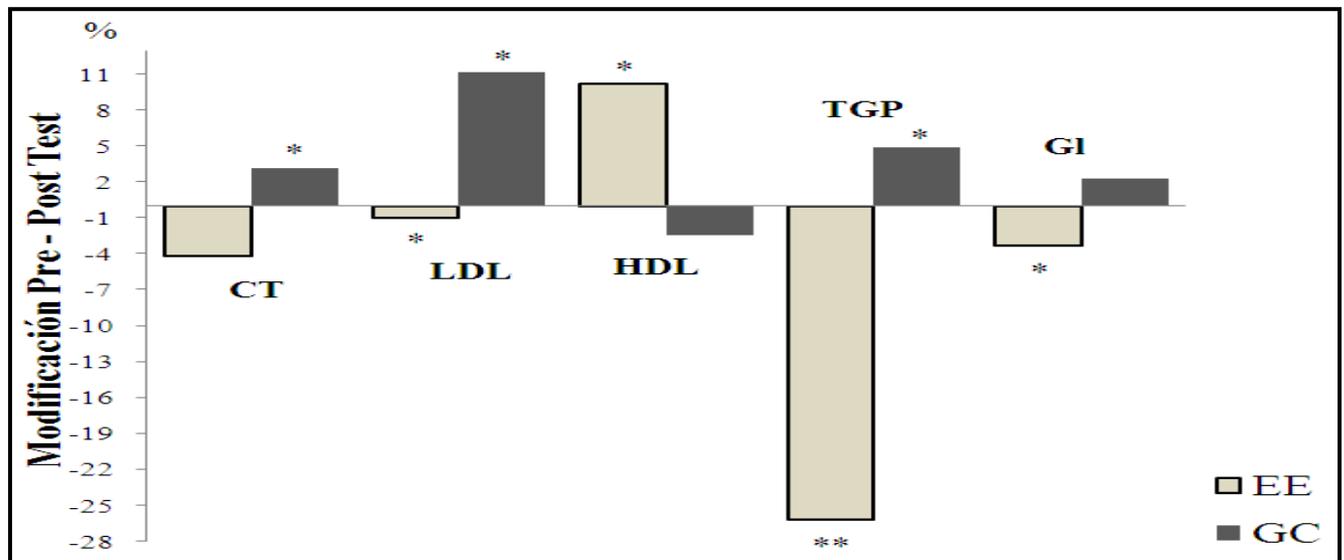


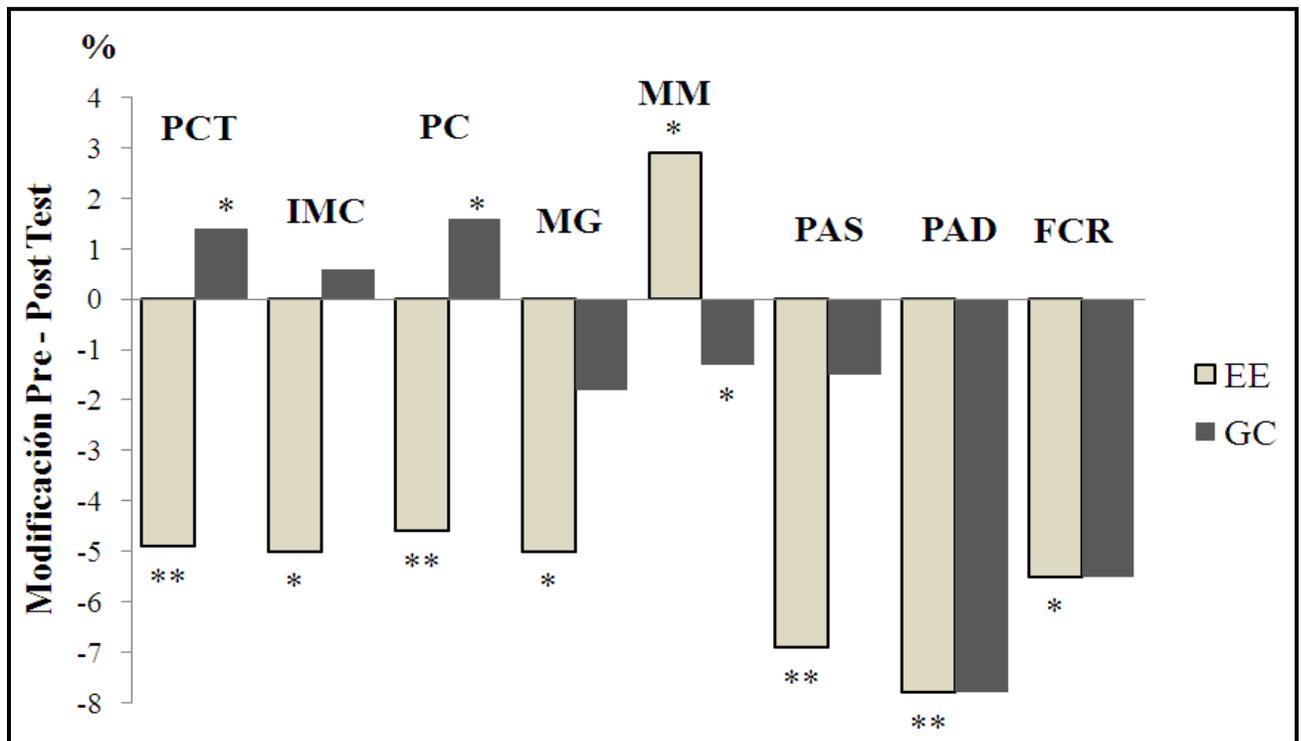
Figura 1. Efectos de 13 semanas de entrenamiento de endurance (EE) sobre variables plasmáticas en un grupo de mujeres con obesidad (n=17) y un grupo control (GC, n=17). CT: Colesterol Total; LDL: Lipoproteínas de baja densidad; HDL: Lipoproteínas de alta densidad; TGP: Triglicéridos Plasmáticos; Gl: Glucosa en ayuna; (\*)  $p\leq 0,05$  entre pre y post test; (\*\*)  $p\leq 0,05$  entre EE y GC.

El PCT presentó una disminución entre el pre y post test de -3,7 kg siendo un valor estadísticamente significativo respecto al grupo control ( $p<0,001$ ) y el grupo GC aumentó +1,2 kg y ( $p<0,001$ ). El IMC disminuyó en el grupo EE en -1,6  $kg/m^2$  y ( $p<0,0005$ ) en relación al pre test, mientras que el GC se mantuvo sin modificaciones significativas. El PC disminuyó en el grupo EE en -4,9 cm, siendo estadísticamente significativo respecto al grupo GC ( $p<0,0005$ ) y en el grupo GC la misma variable aumentó +1,8 cm ( $p<0,01$ ). La MG disminuyó en el grupo EE -2,3%, siendo un resultado significativo respecto el pre test ( $p<0,0004$ ), mientras que en el grupo GC no se presentaron modificaciones estadísticamente significativas -0,9% ( $p=NS$ ). La MM aumentó en el grupo EE en +0,7%, resultado

que alcanzó significancia estadística en relación al pre test ( $p < 0,003$ ), mientras que el GC disminuyó en  $-0,3\%$  ( $p < 0,01$ ) en relación al pre test. La PAS disminuyó en el grupo EE en  $-9$  mm/Hg, siendo estos resultados significativos respecto el grupo GC ( $p < 0,01$ ), mientras que el grupo GC presentó un valor no significativo de  $-2$  mm/Hg ( $p = \text{NS}$ ). La PAD disminuyó significativamente en el grupo EE en  $-6,5$  mm/Hg ( $p < 0,02$ ) respecto al GC, mientras que el GC se mantuvo sin cambios. La FCR disminuyó  $-4,6$  lat/min ( $p < 0,001$ ) respecto al periodo pre entrenamiento, mientras que el grupo GC no registró modificaciones (ver Tabla3 y Figura 2).

Tabla 3. Modificación (Mod) de variables antropométricas y cardiovasculares en mujeres con obesidad sometidas en entrenamiento de endurance (EE, n=17) y un grupo control (GC, n=17). Los valores se muestran en MEDIA y $\pm$ DS.						
Variables	EE antes	EE después	Mod (%)	GC antes	GC después	Mod (%)
PCT (kg)	76,8 $\pm$ 1	73,1 $\pm$ 1	-4,9**	80,9 $\pm$ 1	82,1 $\pm$ 1	+1,4*
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	31,5 $\pm$ 5	29,9 $\pm$ 4	-5*	32,2 $\pm$ 4	32,4 $\pm$ 4	+0,6
PC (cm)	105,8 $\pm$ 1	100,9 $\pm$ 9	-4,6**	107,3 $\pm$ 1	109,1 $\pm$ 1	+1,6*
MG (%)	45,3 $\pm$ 6	43 $\pm$ 6	-5*	48,5 $\pm$ 5	47,6 $\pm$ 1	-1,8
MM (%)	23,9 $\pm$ 3	24,6 $\pm$ 3	+2,9*	22,5 $\pm$ 2	22,2 $\pm$ 2	-1,3*
PAS (mm/Hg)	124 $\pm$ 1	115,4 $\pm$ 9	-6,9**	130 $\pm$ 9	128 $\pm$ 7	-1,5
PAD (mm/Hg)	83,7 $\pm$ 1	77,2 $\pm$ 5	-7,8**	80 $\pm$ 9	80 $\pm$ 8	NS
FCR (lat/min)	81,5 $\pm$ 5	77 $\pm$ 7	-5,5*	82 $\pm$ 7	82 $\pm$ 7	NS

PCT: Peso Corporal Total; IMC: Índice de Masa Corporal; PC: Perímetro de Cintura; MG: Masa Grasa; MM: Masa Muscular; PAS: Presión Arterial Sistólica; PAD: Presión Arterial Diastólica; FCR: Frecuencia Cardíaca en Reposo; (+) valores aumentados; (-) valores disminuídos; (\*)  $p \leq 0,05$  entre pre y post test; (\*\*)  $p \leq 0,05$  entre grupo EE y GC.



**Figura 2.** Modificación (Mod) de variables antropométricas y cardiovasculares en mujeres con obesidad sometidas a 13 semanas de entrenamiento de endurance (EE, n=17) y un grupo control (GC,

n=17). PCT: Peso Corporal Total; IMC: Índice de Masa Corporal; PC: Perímetro de Cintura; MG: Masa Grasa; MM: Masa Muscular; PAS: Presión Arterial Sistólica; PAD: Presión Arterial Diastólica; FCR: Frecuencia Cardíaca en Reposo; Los valores se presentan en tantos por ciento (%) y si corresponden a modificaciones significativas (\*)  $p \leq 0,05$  y (\*\*)  $p \leq 0,05$  entre grupo EE y GC.

## DISCUSIÓN

En el grupo EE se modificaron de manera significativa las HDL +10,2%  $p < 0,004$  y los TGP -26,2% ( $p < 0,001$ ) respecto al grupo control, las HDL -2,4% ( $p = \text{NS}$ ) y TGP +4,9 ( $p < 0,005$ ). Esta situación coincidiría con lo planteado por (Lalonde, et al., 2002) quienes plantean que la modificación de algunas lipoproteínas plasmáticas consideradas como factores de riesgo en situación de sobrepeso y obesidad podrían modificarse con un programa de entrenamiento de poco tiempo duración (<13 semanas) tal como se desarrolló el presente programa de ejercicio. Respecto a los TGP, su abundante disminución posterior a las 13 semanas, evidencia la importancia de los TGP como combustible para este tipo de ejercicio y por ende creemos que esta metodología puede ser una buena herramienta para la rehabilitación de pacientes con hipertrigliceridemia y por supuesto como herramienta de prevención de esta alteración.

Respecto a la dosificación del ejercicio, nosotros estimamos que el tiempo de ejercicio del grupo EE (40 minutos) como la intensidad de ejercicio (70% de la FCM) en relación a los resultados de las variables PC y TGP fueron una carga o dosis efectiva, para utilizar tanto a) fuentes plasmáticas de grasa como de b) tejido adiposo subcutáneo de la región abdominal evaluada a través del PC en el grupo EE de acuerdo a los resultados encontrados (PC antes  $105,8 \pm 1$  cc vs. PC después  $100,9 \pm 9$  cc). Otros autores ya han planteado una correlación directa entre la disminución del PC y TGP hecho que se podría conseguir por medio del ejercicio ejecutado a intensidad moderada similar a lo propuesto por el programa desarrollado en el presente estudio (Han, et al., 1995; Colberg, et al., 1995; Greene, et al., 2010).

Si bien en el presente estudio no se midieron variables relacionadas con la autopercepción o imagen corporal, junto con una mejora de la salud física comprobada a través de las variables medidas como los TGP y PC ya mencionados, probablemente también podría existir cierta mejora en la autopercepción e imagen corporal de estos sujetos, ya que no es nuevo que las mujeres que disminuyen su PC pueden presentar algunos beneficios respecto de la utilización de otro tipo de vestuario, concretamente en poder usar un vestuario de menor talla, lo cual estimamos que también podría repercutirse en estos aspectos, tal como se ha reportado en algunos estudios (Gilbert-Diamond, et al., 2009).

Por otra parte la Gl logró modificaciones positivas para la salud y estadísticamente significativas en el grupo EE Gl -3,3% ( $p < 0,05$ ) vs. GC +2,3% ( $p = \text{NS}$ ). Al respecto nosotros estimamos que el programa de EE, pudo haber contribuido a mejorar la sensibilidad a la insulina que ocurre habitualmente en sujetos con obesidad, y esta mejora pudo haber sido un mecanismo mediante el cual el grupo EE presentó un mejor control glucémico, tal como se ha evidenciado en otros programas de entrenamiento que utilizaron ejercicio de baja a moderada intensidad (Perseghin, et al., 1996). Debido a que los sujetos que participaron de este estudio eran no diabéticos (grupo EE, Gl pre test  $90,8 \pm 1$  mg/dl y post test Gl  $87,8 \pm 1$  mg/dl, ver tabla 2), estos resultados que son significativos en relación al pre test, significarían que el ejercicio realizado por el grupo EE logró adaptaciones a nivel del metabolismo de los carbohidratos, situación que podría beneficiar a sujetos mujeres con obesidad en prevenir situaciones de hiperglicemia y mejorar el control glucémico justamente para prevenir una de las enfermedades que ejerce mayor daño a nivel de otros órganos internos como lo es la DT2.

Se estima que en el mecanismo fisiológico involucrado en la disminución de la glucosa en ayuna (GI), se encuentra el hecho de que debido al alto contenido de grasa corporal de los sujetos del grupo EE (IMC>30, PC>100 cm, MG>45,3%, TGP>130 mg/dl, LDL>130 mg/dl) el ejercicio aplicado pudo haber colaborado con la remoción de ácidos grasos que normalmente en sujetos con obesidad obstruyen las cascadas de señales para los receptores de insulina y posteriormente producen un estado de insulino resistencia a nivel del músculo esquelético, tal como algunos autores lo han planteado (Boden y Shulman, 2002; Simoneau, et al., 1999), aunque es necesario reiterar que esto no es más que una estimación, pues en este estudio no se midieron variables relacionadas con la determinación de sensibilidad a la insulina como la Insulina en ayunas u Homeostasis Model Assessment (HOMA).

Otras respuestas que nosotros tenemos respecto a la disminución significativa de la GI en el grupo EE, son dos hechos que ocurrieron a nivel metodológico y que probablemente pudiésemos tener algún efecto fisiológico en los resultados observados en esta variable; 1. Que la intensidad de ejercicio planteada (70% de la FCM) en donde la variable FCM se calculó de acuerdo a la fórmula (220-edad) puede variar ampliamente entre un sujeto y otro, significándole por un lado a un sujeto utilizar principalmente a las grasas como combustible (TGP, ácidos grasos, tejido adiposo subcutáneo, etc.), como por otra parte a otro sujeto paralelamente le podría implicar además de la utilización de grasa, la utilización de carbohidratos como combustible (glucosa) y 2. Que el ejercicio endurance ejecutado a la intensidad propuesta (70% de la FCM) considerado por nosotros como de baja a moderada intensidad, junto con utilizar grasa plasmática como CT, LDL, TGP, grasa del reservorio energético abdominal como del PC, igualmente esta modalidad de ejercicio podría inducir una mejora en la sensibilidad a la insulina y por lo tanto ayudaría a mejorar el metabolismo y utilización de carbohidratos como la glucosa en la célula muscular, tal como han planteado por (Perseghin, et al., 1996) durante un estudio de 6 semanas con la utilización de una metodología similar.

Como antecedente adicional, algunos estudios han reportado que el ejercicio de baja a moderada intensidad no induciría mejoras en la sensibilidad a la insulina (Seals, et al., 1984; Borghouts, et al., 1999; Houmard, et al., 2004) de modo que de acuerdo a los resultados encontrados y a la evidencia expuesta, nosotros nos inclinamos porque efectivamente la estimación de la intensidad de ejercicio a través de la FCM utilizando la fórmula (220-edad) puede ser demasiado ambigua y poco precisa para una adecuada dosificación del ejercicio en pacientes con patologías como la obesidad. Por esta situación creemos que en caso de querer determinar la intensidad de esfuerzo utilizando la frecuencia cardiaca, es recomendable la realización de algún test de esfuerzo progresivo a modo de conocer la frecuencia cardiaca máxima real, como la frecuencia cardiaca pico apreciable en un test de esfuerzo progresivo.

Algunas instituciones han mencionado que la disminución entre un 5 y 10% del PCT podría resultar en una mejora de las enfermedades asociadas a obesidad. Si bien es cierto dentro de algunos factores de riesgo cardiovascular considerados por organizaciones importantes de salud (World Health Organization, 2000) como (CT>200mg/dl, CLDL>140mg/dl, TGP>150mg/dl y GI>100mg/dl) y considerando las características de nuestros sujetos en estudio (ver tabla 2), el estado de inactividad física y sedentarismo, en el caso de que estos sujetos no modifiquen su estilo de vida (hábitos de dieta, ejercicio, otros), muy probablemente estos sujetos puedan contraer otras enfermedades ya mencionadas como la diabetes tipo 2 o hipertensión, de modo que tomamos esta disminución del PCT en el grupo EE -4,9% como una ayuda a pacientes con obesidad para no adquirir una peor salud. Otro asunto relevante a la disminución del PCT en sujetos con obesidad, es que de acuerdo a nuestros resultados y teniendo presente las recomendaciones de disminución del PCT entre 5 a 10% de algunas instituciones (NHLBI, 1998), sería mucho más benéfico conseguir este objetivo por medio del ejercicio físico como

se ha propuesto a través de (Wadden, et al., 1999) en relación al tratamiento farmacológico como se ha demostrado en algunos estudios (Davidson, et al., 1999), pues el ejercicio actúa a nivel sistémico y el tratamiento farmacológico únicamente actúa sobre aquellos órganos enfermos como lo hace la Metformina estimulando una mayor sensibilidad del receptor de insulina.

Algunas recomendaciones en cuanto al manejo y mantenimiento del PCT ya han sido planteadas por (Donnelly, et al., 2009) quienes recomendaron que una cantidad de actividad física de 150 minutos por semana en adultos podrían ser suficientes para mejorar la salud, que una cantidad entre 150 y 250 minutos por semana podrían colaborar para una disminución leve del PCT y que para producir una pérdida de peso clínicamente significativa se requeriría una cantidad mayor a 250 minutos por semana de actividad física moderada, no indicándose la intensidad por medio de alguna variable (p.e., FCM, consumo máximo de oxígeno, frecuencia cardiaca de reserva). Algunos autores han asociado a la pérdida del PCT con un aumento de las enzimas oxidativas mediante la utilización de ejercicio endurance (Menshikova, 2007), lo cual podría ser benéfico para mejorar los procesos oxidativos y favorecer la lipólisis del tejido adiposo en sujetos con obesidad. El IMC presentó una reducción significativa de un 5% en el grupo EE respecto al grupo GC +0,6% (p=NS), pero a pesar de ello la magnitud y el grado de modificación difícilmente podrían evidenciar el cambio de un estado nutricional a otro (p.e., pasar de situación de obesidad a sobrepeso). En el grupo EE la MG disminuyó significativamente en un 5% (p<0,0004) vs. El grupo GC -1,8% (p=NS), situación que ayuda a potenciar nuestra idea que considerando una disminución del -4,9% en el PCT y los resultados presentados por el grupo GC en el PCT +1,4% y PC +1,6%, nosotros creemos que el principal sustrato energético utilizado durante el ejercicio fue proveniente de las grasas a través del metabolismo oxidativo.

La MM estimada mediante la técnica de bioimpedancia, el grupo EE logró incrementar de manera significativa en un 2,9% (p<0,003) vs. el grupo GC -1,3% (p=NS), donde acusamos por parte del instrumento con el cual se midieron las variables MG y MG (bioimpedancia) como una técnica mucho menos precisa en relación a otras de mayor rigurosidad y tecnología (tomografía axial computarizada, absorciometría dual de rayos X, etc.) pues hechos como la presencia de mayor u menor cantidad de grasa corporal y líquidos en el organismo pueden alterar la resistencia a la impedancia de cada sujeto.

La PAS y PAD disminuyeron significativamente en el grupo EE, PAS -6,9% (aprox. -9 mm/Hg) vs. GC -1,5% y PAD -7,8% (aprox. -6,6 mm/Hg) vs. GC sin modificaciones). Estos resultados concuerdan con lo propuesto por (Cornelissen y Fagard, 2005) quienes han estimado que con ejercicio endurance se podrían obtener disminuciones de hasta 10 mm/Hg en estas variables. Estos efectos podrían resultar beneficiosos en aquellos sujetos que aún no son declarados hipertensos pero que presentan PAS (130 a 139 mm/Hg) y PAD (80 a 89 mm/Hg), conocida como presión arterial normal/alta según (ACSM, 2004).

La FCR disminuyó significativamente en el grupo EE -5,5% (p<0,001) mientras que en el grupo GC sin modificaciones). Al respecto una FCR elevada se ha relacionado con un mayor gasto cardiaco en reposo aunque esta variable en mujeres presenta valores medios más elevados que en hombres (FCR hombres 60 y 80 lat/min vs. mujeres FCR 60 y 90 lat/min), pues las primeras tienen una menor masa muscular, menor masa sanguínea entre otros respecto a los sujetos hombres. Según (Wilmore y Costill, 2004) el entrenamiento de resistencia (entrenamiento endurance para nosotros) podría reducir la FCR en un aproximado de 1 latido por minuto cada semana durante las primeras semanas de entrenamiento y al respecto estarían involucrados un aumento del sistema nervioso parasimpático en el corazón y una reducción de la actividad simpática. No conocemos a ciencia cierta los fenómenos y mecanismos involucrados en los sujetos con obesidad estudiados en los cuales sucedió este fenómeno, pero si queremos plantear su abierta discusión para futuros estudios.

## CONCLUSIONES

En conclusión, el programa de entrenamiento aplicado demostró ejercer efectos benéficos en mujeres obesas, modificando favorablemente el perfil lipídico, composición corporal y variables cardiovasculares. Eventualmente el plan de entrenamiento podría contribuir al control glucémico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albala, C., Olivares, S., Salinas, J., Vio, F., (Eds). (2004). Bases, prioridades y desafíos de la promoción de la salud. (1era Edición), Santiago, Chile, Andros Impresores.
2. Baron, A.D., Brechtel, G., Wallace, P. & Edelman, S.V. (1988). Rates and tissue sites of non-insulin and insulin-mediated glucose uptake in humans. *American Journal of Physiology*, 255(6):E769-E774.
3. Boden, G. and Shulman, G.I. (2002). Free fatty acids in obesity and type 2 diabetes: defining their role in the Development of insulin resistance and  $\beta$ -cell dysfunction. *European Journal of Clinical Investigation*, 32(3):14-23.
4. Borghouts, L.B. Effect of training intensity on insulin sensitivity as evaluated by insulin tolerance test. (1999). *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 80(5):461-6.
5. Booth, F.W., Chakravarthy, M.V., Gordon, S.E., Spangenburg, E.E. (2002). Waging war on physical inactivity: using modern molecular ammunition against an ancient enemy. *Journal of Applied physiology*, 93(1):3-30.
6. Butcher, L.R., Thomas, A., Backx, K., Roberts, A., Webb, R., Morris, K. (2008). Low-Intensity Exercise Experts Beneficial Effects on Plasma Lipids via PPAR  $[\gamma]$ . *Medicine and Science in Sports Exercise*, 40(7):1263-70.
7. Colberg, S.R., Simoneau, J.A., Thaete, F.L., Kelley, D.E. (1995). Skeletal muscle utilization of free fatty acids in women with visceral obesity. *Journal Clinical Investigation*, 95(4):1846-53.
8. Cornelissen, V.A., Fagard, R.H. (2005). Effect of Resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Hypertension*, 23(2):251-59.
9. Chouinard, L.E., Schoeller, D.A., Watras, A.C., Clark, R.R., Close, R.N., Buchholz, A.C. (2007). Bioelectrical Impedance vs. Four-compartment Model to Assess Body Fat Change in Overweight Adults, *Obesity* 15:85-92.
10. Davidson, M.H., Hauptman, J, Digirolamo, M., Foreyl, J.P., Halsled, C.H., Heber, D., Heimbürger, D.C., Lucas, C.P., Robbins, D.C., Chung, J., Heymsfield, S.B. (1999). Weight control and risk factor reduction in obese subjects treated for 2 years with orlistat: a randomized controlled trial. *JAMA* 281(3):235-42.
11. Donnelly, J. (Ed), Blair, S., Jakicic, J., Manore, M., Rankin, J., Smith, B. (2009). Appropriate Physical Activity Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults. *Medicine Science in Sport Exercise*, 41(2):459-471.
12. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. (2001). Executive summary of "The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP)

- Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III).” JAMA 285: 2486–2497.
13. Fernández, M.L., Metghalchi, S., Vega-López, S., Conde-Knape, K., Lohman, T.G., Cordero-Macintyre, Z.R. (2004). Beneficial effects of weight loss on plasma apolipoproteins in postmenopausal women. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 15(2):717-721.
  14. Gardner, C., Fortmann, S., Kraus, R. (1996). Association off small low-Density lipoprotein particles with the incidence of coronary artery disease in men and women, *JAMA*, 276(11):875-881.
  15. Gilbert-Diamond, D., Baylin, A., Mora-Plazas, M., Villamor, E. (2009). Correlates of Obesity and Body Image in Colombian Women. *Journal of Women's Health*, 18(8): 1145-1151.
  16. Grandjean, P., Crouse, S., and Rohack J. (2000). Influence of cholesterol status on blood lipid and lipoprotein enzyme responses to aerobic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 89(2):472-480.
  17. Greene, N.P., Martin, S.E., Lambert, B.S., Crouse, S.F., FACSM. (2010). Differential Effects Of Acute And Chronic Exercise On Hdl-cholesterol In Overweight/obese Men And Women: 2165: Board #44 June 3 3:30 PM - 5:00 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(5):530-531.
  18. Han, T.S., Van Leer, E.M., Seidell, J.C, Lean, M. (1995). Waist circumference action levels in the identification of cardiovascular risk factors: prevalence study in a random sample, *British Medical Journal*, 311(7017): 1401-5.
  19. Houmard, J.A., Tanner, CH.J., Slentz, C.A., Duscha, B.D., McCartney, J.S., Kraus, W.E. (2003). Effect of the volume and intensity of exercise training on insulin sensitivity. *Journal of Applied Physiology*, 96(1):101-6.
  20. Hood, D.A. (Eds), Stocchi, V., De Feo, P. (2007). *Role of Physical Exercise in Preventing Disease and Improving the Quality of Life*. (1 Ed) Milán, Italia. Editorial Springer.
  21. Hu, F.B., Manson, J.E., Stampfer, M.J., Colditz, G., Liu, S., Solomon, C.G., and Willett, W.C. (2001). Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. *The New England Journal of Medicine*, 345:790–797.
  22. Hu, F.B. (2003). Overweight and Obesity in Women: Health Risks and Consequences. *Journal of Women's Health*, 12(2):163-172.
  23. Jebb, S., Cole, T., Doman, D., Murgatroyd, P., Prentice, A.M. (2000). Evaluation of the novel Tanita body fat analiser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *British Journal of Nutrition*, 83(2):115-22.
  24. Lalonde, L., Gray-Donald, K., Lowensteyn, I., Marchand, S., Dorais, M., Michaels, G., Llewellyn-Thomas, H.A., O'Connor, A., Grover, S.A., and The Canadian Collaborative Cardiac Assessment Group. (2002). Comparing the benefits of diet and exercise in the treatment of dyslipidemia. *Preventive Medicine*, 35(1):16-24.
  25. Li, H. and Forstermann, U. (2000). Nitric oxide in the pathogenesis of vascular disease. *The Journal of Pathology*, 190(3):244–254.

26. Magkos, F., Tsekouras, Y.E., Prentzas, K.I., Basioukas, K.N., Matsama, S.G., Yanni, A.E., Kavouras, S.A., and Sidossis, L.S. (2008). Acute exercise-induced changes in basal VLDL-triglyceride kinetics leading to hypotriglyceridemia manifest more readily after resistance than endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 105(4):1228-1236.
27. Menshikova, E.V., Ritov, V.B., Ferrell, R.E, Azuma, K., Goodpaster, B.H., Kelley, D.E. (2007). Characteristics of skeletal muscle mitochondrial biogenesis induced by moderate-intensity exercise and weight loss in obesity. *Journal of Applied physiology*, 103(1):21-27.
28. National Heart, Lung, and Blood Institute. (1998). *Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults; The Evidence Report*. Bethesda (MD): National Institutes of Health.
29. Perseghin, G., Price, T.B., Petersen, K.F., Roden, M., Cline, G.W., Gerow, K., Rothman, D.L., Shulman, G.I. (1996). Increased glucose transport-phosphorylation and muscle glycogen synthesis after exercise training in insulin-resistant subjects. *The New England Journal of Medicine*, 335(18):1357-62.
30. Pescatello, L.S., Franklin, B.A., Fagard, R., Farguhar, W.B., Kelley, G.A., Ray, C.A; American College of Sports Medicine. (2004). *Exercise and Hypertension*. *Medicine and Science in Sport Exercise*. 36(3):533-53.
31. Seals, D.R., Hagberg, J.M., Hurley, B.F., Ehsani, A.A., Holloszy, J.O. (1984). Effects of endurance training on glucose tolerance and plasma lipid levels in older men and women. *JAMA*, 252: 645-9.
32. Simoneau, J.A., Veerkamp, J.H., Turcotte, L.P., and Kelley, D.E. (1999). Markers of Capacity to utilize fatty acids in human skeletal muscle: relation to insulin resistance and obesity and effects of weight loss. *The Journal of the federation of American of Societies for experimental Biology*, 13(14):2051-2060.
33. Venables, M.C., Jeukendrup, A.E. (2008). *Endurance Training and Obesity; Effect on Substrate Metabolism and Insulin Sensitivity*. *Medicine and Science in Sport Exercise*. 40(3):495-502.
34. Wadden, T.A., Anderson, D.A., Foster, G.D. (1999). Two-year changes in lipids and lipoproteins associated with the maintenance of 5% to 10% reduction in initial weight: some findings and some questions. *Obes Res*, 7(2):170-178.
35. Weise, S.D., Grandjean, P.W., Rohack, J.J., Womack, J.W., Crouse, S.F. (2004). Acute changes in blood lipids and enzymes in postmenopausal women after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 99(2):609-615.
36. World Health Organization. (2000). *Obesity. Preventing and management the global epidemic. Report of a WHO Consultation on Obesity*. Geneva: WHO. Disponible en: [http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_894.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_894.pdf)
37. Wooten, J.S., Biggerstaff, K.D., and Ben-Ezra, V. (2009). Responses of LDL and HDL particle size and distribution to omega-3 fatty acid supplementation and aerobic exercise. *Journal Applied of Physiology*, 107(3):794-800.