

Movimiento **Científico**

INFORMACIÓN CIENTÍFICA

Artículos de Investigación Científica y Tecnológica

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE FISIOTERAPIA



**ibero
americana**
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

EFFECTOS DEL EJERCICIO AERÓBICO SOBRE GLOBULINA ENLAZANTE DE HORMONAS SEXUALES Y SENSIBILIDAD A INSULINA EN MUJERES JÓVENES CON SOBREPESO

Yenny Paola Argüello Gutiérrez¹

Fecha de Recepción: 22/10/2012

Fecha de Aceptación: 01/12/2012

RESUMEN

El sobrepeso y la obesidad asociados a inactividad física y hábitos alimenticios, se han convertido en una carga de morbi-mortalidad, por ser factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). Se ha planteado la globulina enlazante de hormonas sexuales (SHBG) como marcador predictivo de la resistencia a la insulina (RI) en mujeres con aumento del tejido adiposo, y una relación inversa de la SHBG y la testosterona con la insulina y glucosa, lo que permite sugerir una cadena de eventos para patologías con RI. El ejercicio aeróbico puede modificar/regular las concentraciones de SHBG, glucosa e insulina. El objetivo del artículo es describir los resultados investigación de un proyecto que buscó determinar los efectos del ejercicio aeróbico sobre los niveles séricos de SHBG, la sensibilidad a insulina y las variables antropométricas en mujeres de 20 a 30 años con sobrepeso. Como resultados se obtuvo disminución significativa de algunas variables antropométricas y del índice HOMA - IR; aumento significativo de SHBG y del consumo máximo de oxígeno y una correlación inversa entre SHBG y HOMA-IR. Se puede concluir que el programa generó un efecto positivo multifactorial: establece protección para el desarrollo de ECNT, mejora el perfil metabólico, la condición física y cambio el estilo de vida sedentario.

Palabras Clave: Globulina de Unión a Hormona Sexual, Ejercicio, Modelo de evaluación homeostática, Resistencia a la insulina, Síndrome X Metabólico.

¹ Magíster en Fisiología énfasis en investigación, Universidad Nacional de Colombia; Fisioterapeuta, Universidad Nacional de Colombia; Coordinadora de Investigación Facultad de Ciencias de la Salud, Corporación Universitaria Iberoamericana; Correo electrónico: yy.arguellog@laibero.net, gaby040809@gmail.com

EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE ON SEXUAL HORMONE BINDING GLOBULIN AND SENSITIVITY TO INSULIN IN YOUNG WOMEN WITH OVERWEIGHT

ABSTRACT

Overweight and obesity associated with physical inactivity and eating habits have become a burden of morbidity and mortality, to be risk factors for the development of chronic noncommunicable diseases (NCD). It has been suggested the sex hormone binding globulin (SHBG) as a predictive marker of insulin resistance (IR) in women with increased adipose tissue, and an inverse of SHBG and testosterone with insulin and glucose, which to suggest a chain of events with RI pathologies. Aerobic exercise can modify/regulate SHBG concentrations, glucose and insulin. The aim of this paper is to describe the research results of a project that sought to determine the effects of aerobic exercise on serum SHBG, insulin sensitivity and anthropometric variables in women 20 to 30 years overweight. The results were significant decrease of some anthropometric variables and HOMA - IR; significant increase SHBG and maximal oxygen consumption and an inverse correlation between SHBG and HOMA-IR. It can be concluded that the program generated a positive effect multifactorial provides protection for the development of chronic diseases, improves the metabolic profile, change the physical and sedentary lifestyle.

Keywords: Sex Hormone-Binding Globulin, Exercise, Homeostatic model assessment, Insulin resistance, Metabolic Syndrome X.

INTRODUCCIÓN

La carga de mortalidad tanto en países industrializados como en países en desarrollo está fuertemente influenciada por las muertes ocasionadas por ECNT (WHO, 2005). El número total de muertes, así como, las tasas de mortalidad por ECNT son actualmente mayores en los países en desarrollo comparadas con las de países desarrollados. La proyección para el año 2020 es que 7 de cada 10 muertes ocurridas en países en desarrollo serán directamente ocasionadas por ECNT (Boutayeb y Boutayeb, 2005). Es imperativo destacar que la epidemia de ECNT y sus repercusiones en los sistemas de salud no son un problema exclusivo de países industrializados, por el contrario, representan una amenaza actual y futura para la salud pública de países en desarrollo como Colombia (WHO, 2005).

Para la población adulta de Bogotá las ECNT constituyen el principal problema de salud pública; generan altos costos en relación con morbi-mortalidad prevenible, pérdida de calidad de vida y años de vida productivos y pérdidas financieras que repercuten

en el sistema de salud y la economía de la ciudad (Cardona, 2003). Por lo cual, el estudio detallado de los eventos fisiológicos que subyacen a las ECNT son de gran interés; en lo referente al sobrepeso, es conocido que el tejido adiposo juega un papel crítico en la homeostasis de la energía, no solamente en el almacenamiento de los triglicéridos, sino también en la respuesta a los nutrientes, señales neuronales y hormonales, y en la secreción de adipocitocinas que controlan alimentación, termogénesis, inmunidad y función neuroendocrina (Ahima, 2006). Hay un resurgimiento de interés en el papel de las proteínas de unión a esteroides y su posible efecto sobre la RI y obesidad. Se ha demostrado una relación inversa entre las concentraciones séricas de insulina, de glucosa y la SHBG en mujeres, así las concentraciones séricas de la SHBG varían inversamente y la RI varía directamente con el grado de obesidad (Haffner, Katz, Stern y Dunn, 1988; Pugeat, Crane, Elinidani, 1991).

Durante los últimos 30 años, se ha acumulado evidencia epidemiológica sobre la asociación directa entre la inactividad física y el desarrollo de ECNT (Patte, et al. 1995; Thompson, et al. 2003). La inactividad física

es actualmente reconocida como un factor de riesgo independiente para el desarrollo de enfermedad cardiovascular (Thompson, et al. 2003), DM2 (Eyre, et al. 2004), SM (Knowler, 2002) y algunos tipos de cáncer (Eyre, et al. 2004). Adicionalmente, la inactividad física en conjunción con una dieta inadecuada son consideradas como la segunda causa de mortalidad prevenible, particularmente por su contribución al desarrollo de ECNT (Laaksonen, et al. 2002).

En Bogotá, una ciudad de más de 7 millones de habitantes, uno de cada tres adultos entre 18 y 65 años (36.4%) reportan ser inactivos físicamente (Mokdad, Marks, Stroup, Gerberding, 2004), estos datos son similares a la prevalencia de inactividad física en otras grandes ciudades de Latinoamérica (Gómez, Duperly, Lucumi, Gamez y Venegas, 2005).

A su vez, en estudios de cohortes, se ha demostrado que la actividad física protege contra el desarrollo de diabetes y enfermedad cardiovascular (Salinas, Vio, 2003) (Berlin, Colditz, 1990), condiciones que son asociadas comúnmente con el SM. Actualmente, intervenciones en el estilo de vida, incluyendo actividad física regular, han demostrado reducir la incidencia

de diabetes en más de la mitad de personas con intolerancia a la glucosa (ITG) (Laukkanen, et al. 2001).

Por lo tanto, se plantea el ejercicio físico aeróbico como un factor externo que puede modificar y regular dichas dinámicas con miras a la intervención en patologías, tales como el SM, DM2 y obesidad, donde se encuentra RI (Laaksonen, et al. 2004). Ya que la práctica regular de ejercicio físico ofrece una intervención terapéutica efectiva para mejorar la acción de la insulina en el músculo esquelético y el tejido adiposo en individuos con RI. El ejercicio realizado de forma mantenida resulta en numerosas adaptaciones celulares y fisiológicas que favorecen sustancialmente la mejoría de la acción de la insulina, como se muestra en la Figura 1.

Por otra parte, realizar un estudio sobre los efectos del ejercicio físico aeróbico en las dinámicas de la RI y las variables antropométricas fortalece la evidencia en lo relacionado a la prescripción del ejercicio en condiciones especiales, en este caso en sobrepeso; favorece el entendimiento del comportamiento hormonal y endocrino de la mujer y abre un campo de estudio e investigación en la fisiología de la mujer.

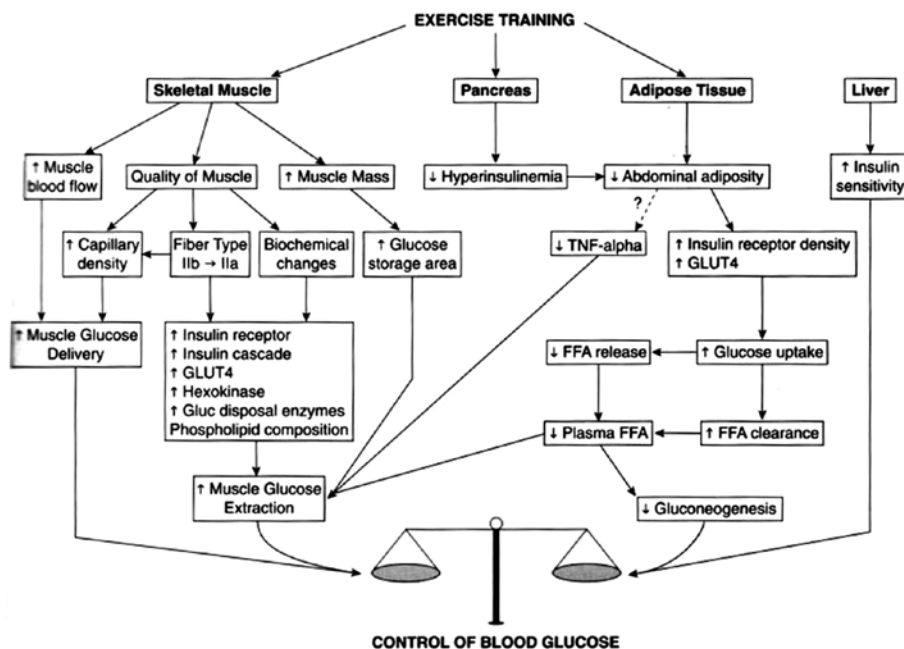


Figura 1. Mecanismos por los cuales el entrenamiento de ejercicio mejora la acción de la insulina y el control de la glucosa sanguínea

Fuente: ACSM 2010

MÉTODO

El proyecto se enmarcó en un estudio clínico, abierto, cuasiexperimental del antes y después, sobre los efectos del programa del ejercicio físico aeróbico de intensidad moderada a vigorosa, realizado durante 60 minutos diarios, 5 veces a la semana por 3 meses en mujeres premenopáusicas voluntarias entre 20 y 30 años, con sobrepeso (IMC: 25 a 29.99 Kg/m²), nivel de actividad física bajo según el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ) y clasificación de riesgo A1, A2 o A3 según el cuestionario de monitoreo pre-participación de la AHA/ACSM para instalaciones deportivas; que a su vez no presenten alguna alteración al examen médico o en la respuesta al ejercicio durante la prueba de esfuerzo desarrollada en la valoración inicial, antecedentes patológicos de DM2, Síndrome de ovario poliquístico conocido o cualquier patología o criterio médico que restrinja el desarrollo de ejercicio físico regular, hipertensión arterial (presión arterial sistólica >140 mmHg y/o presión arterial diastólica >90 mmHg), en reposo, o inducida por el ejercicio establecida tras la comprobación de los valores de la presión arterial en dos o más medidas tomadas en cada una de dos o más ocasiones separadas varias semanas, datos según la European Society of Hypertension-European Society of Cardiology Guidelines Committee, tratamiento farmacológico u hormonal desde 3 meses previos al estudio, fumadoras, desórdenes musculoesqueléticos, neuromusculares o reumatoideos que sean exacerbados por el ejercicio y dieta o restricción calórica especial, esto se controló con una ficha de seguimiento que se le entregó a cada participante donde debían registrar su ingesta de los últimos tres días (Mataix, 2009).

La variable independiente del estudio es el Programa de ejercicio físico aeróbico y las dependientes son niveles séricos de SHBG, sensibilidad a la insulina (HOMA-IR), mediciones antropométricas (peso, IMC, circunferencia cintura, circunferencia cadera, índice cintura/cadera, circunferencia cuello, porcentaje grasa corporal, masa grasa, masa magra), consumo de oxígeno. Por tanto las participantes del estudio fueron sometidas a procedimientos que fueron aplica-

dos tanto al inicio del estudio (semana 0) y final del estudio (semana 12), como son: 1) Valoración médica, 2) Valoración de la condición física que contempló bioimpedanciometría y medidas antropométricas, 3) Valoración del consumo de oxígeno a través de una prueba de esfuerzo submáximo en cicloergómetro, protocolo de Astrand – Rhymining de un solo estado, 4) Análisis Bioquímico de Glucosa por prueba enzimática colorimétrica de GOD/PAP, Insulina por análisis inmunoenzimático y SHBG por método Elisa; 5) Modelo de Determinación de la homeostasis – HOMA-IR; 6) Prescripción del ejercicio físico por 12 semanas y 7) Análisis estadístico descriptivo exploratorio, t-Student considerando un nivel de significancia cuando $p < 0.05$ a través del software estadístico R.

RESULTADOS

Datos Demográficos

Tabla 1. Datos Demográficos

VARIABLE	MEDIAS ± Desviación Estándar
Edad (años)	24 ± 3.16
Intervalo de Confianza 95%	20.84 – 27.16
Peso (Kg)	66.93 ± 6.98
Intervalo de Confianza 95%	59.95 – 73.91
Talla (m)	1.56 ± 0.05
Intervalo de Confianza 95%	1.51 – 1.61
IMC (Kg/m ²)	27.38 ± 1.46
Intervalo de Confianza 95%	25.92 – 28.84
Porcentaje de Grasa Corporal (%)	32.26 ± 3.70
Intervalo de Confianza 95%	28.56 – 35.96
Masa Grasa (Kg)	21.81 ± 4.53
Intervalo de Confianza 95%	17.28 – 26.34
Masa Magra (Kg)	45.12 ± 2.82
Intervalo de Confianza 95%	42.3 – 47.94
Circunferencia cintura (cm)	86.16 ± 8.54
Intervalo de Confianza 95%	77.62 – 94.7
Circunferencia cadera (cm)	97.38 ± 5.07
Intervalo de Confianza 95%	92.31 – 102.45
Índice cintura/cadera	0.88 ± 0.05
IC 95%	0.83 – 0.93

Fuente: Elaboración propia, 2012

Los datos demográficos se expresan como medias (+ desviación estándar) y corresponden a los registros iniciales, antes de empezar el programa de ejercicio físico aeróbico. Las participantes se encuentran en sobrepeso grado II (preobesidad) según la clasificación de la SEEDO (2000). Los datos encontrados en el PGC denotan que se encuentra en el límite superior de lo normal según la OMS. También se encuentra un aumento del promedio de la masa grasa y una disminución del de la masa magra.

La circunferencia de cintura tiene una media de 86.16 (+ 8.54) cm, estando en una clasificación de “riesgo muy incrementado” a nivel cardiovascular, la circunferencia de cadera se observa con una media de 97.38 (+ 5.07) cm y por último el índice cintura cadera se encuentra en 0.88 (+ 0.05) lo que es elevado, indicando un aumento de grasa abdominovisceral sugestivo también de riesgo cardiovascular. Los datos anteriores están de acuerdo con lo observado en IMC, PGC y masa grasa.

Otro dato importante de mencionar es el tipo de ciclo menstrual de las participantes: el 77.7% reportó ciclos menstruales normales de 26 a 34 días, mientras que el 22.2% restante refirió en la evaluación inicial ciclos menstruales largos, es decir mayores a 35 días (Wei, Schmidt, Dwyer, Norman y Venn, 2009).

Dentro del procedimiento de valoración de la condición física y consumo de oxígeno inicial, se realizó la bioimpedanciometría con una Tanita serie TBF 330, gracias a lo cual se obtuvieron datos relacionados con peso ideal, masa grasa ideal y grasa a perder. En el estudio se calcularon estos parámetros con un objetivo de un porcentaje de grasa corporal de 21% (atendiendo al límite inferior de porcentaje de grasa corporal propuesto por la OMS), como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Gama ideal por porcentaje de grasa al 21%

VARIABLE	MEDIAS + SD
Masa Grasa Ideal (Kg) IC 95%	12.02 ± 0.7 11.25 – 12.79
Peso Ideal (Kg) IC 95%	57.15 ± 3.54 53.61 – 60.69
Grasa a perder (Kg) IC 95%	9.8 ± 4.04 5.76 – 13.84

Fuente: Elaboración propia, 2012

Con respecto al porcentaje de grasa corporal más bajo (21%) las participantes tenían sus mayores retos en cuanto a la disminución del peso; la masa grasa ideal media fue de 12.02 (+ 0.7) Kg y en la evaluación inicial venían de una masa grasa de 21.81 (+ 4.53) Kg, el peso ideal promedio fue de 57.15 (+ 3.54) Kg y venían con un promedio de peso ini-

cial de 66.93 (+ 6.98) Kg, por lo cual la grasa a perder tuvo una media de 9.8 (+ 4.04) Kg.

Capacidad Aeróbica (Consumo de Oxígeno)

Los cambios obtenidos en el VO₂ gracias al desarrollo del programa de ejercicio físico aeróbico, evidencian un incremento de 2.1 mL.kg.min, con respecto a la media después de las 12 semanas de ejercicio físico aeróbico. Pasando de un valor de VO₂ inicial de 27.78 (+ 3.14) mL.kg.min a un VO₂ en la semana 12 de 29.88 (+ 4.11) mL.kg.min. Estos cambios fueron estadísticamente significativos (p<0.05). En cuanto a los valores reportados en la semana 0 se puede decir que las mujeres estaban dentro de una clasificación de “Bajo” en cuanto a su aptitud aeróbica, mientras que en la semana 12 su clasificación pasó a “Algo Bajo”, subiendo un nivel en la mejoría de esta cualidad física.

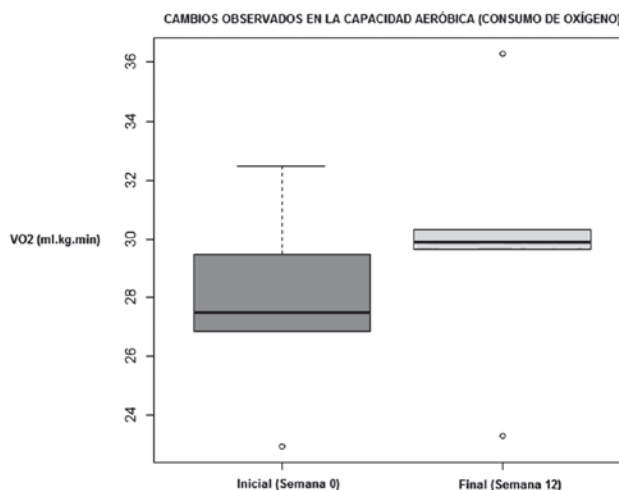


Gráfico 1. Cambios observados en la Capacidad Aeróbica Máxima (Consumo de oxígeno)

Fuente: Elaboración propia (2011)

Variables Antropométricas

Los cambios a nivel del Peso Corporal desde la semana 0 a la semana 12 se evidenciaron por una disminución del peso corporal (0.26 Kg) con respecto a la media. Se reportaron datos iniciales de 66.93 (+ 6.98) Kg y datos finales de 66.67 (+ 7.43) Kg. El IMC mostró un comportamiento similar al peso debido a que para su determinación, está implicada

dicha variable. Se tuvo como dato en la semana 0 27.38 (+ 1.46) kg/m² y en la semana 12 un valor de 27.23 (+ 1.73) kg/m², se logró una disminución de 0.15 kg/m² al final del programa de ejercicio físico aeróbico con respecto a la semana 0.

La circunferencia abdominal presentó cambios de la semana 0 a la semana 12, mostrando una disminución de 8.9 cm con respecto a la media; en el análisis estadístico se encontró que este cambio fue significativo ($p < 0.05$). Los datos expresados como media (+ desviación estándar) son circunferencia abdominal en la semana 0: 86.16 (+ 8.54) cm y en la semana 12: 77.27 (+ 4.61) cm.

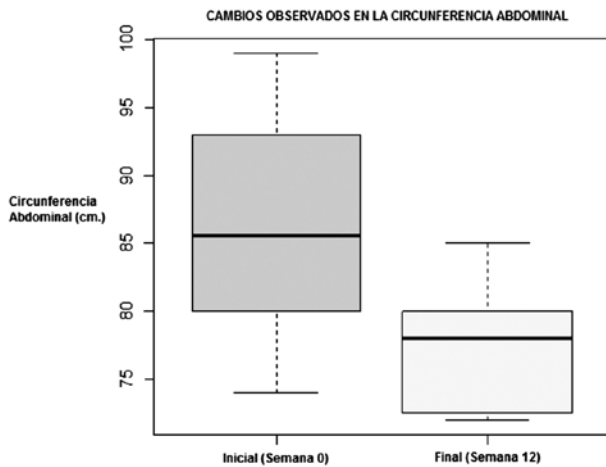


Gráfico 2. Cambios observados en la Circunferencia Abdominal
Fuente: Elaboración propia (2011)

Según los resultados obtenidos como media en la semana 0 las mujeres estaban dentro de una clasificación de “Riesgo muy incrementado a nivel cardiovascular” y en la semana 12 pasaron a un nivel de “no riesgo”, ya que el dato se encuentra por debajo del límite establecido para el riesgo cardiovascular (80 cm).

La circunferencia de cadera al inicio del programa de ejercicio físico aeróbico era de 97.38 (+ 5.07) cm y al final de las 12 semanas de ejercicio 93.77 (+ 3.72) cm, mostrando una disminución de 3.61 cm con respecto a la media, entre la semana 0 y la semana 12, siendo un dato estadísticamente significativo ($p < 0.05$); además se observa el cambio en la

tendencia central con una menor dispersión de los datos, una asimetría positiva y una distribución muy homogénea de los datos.

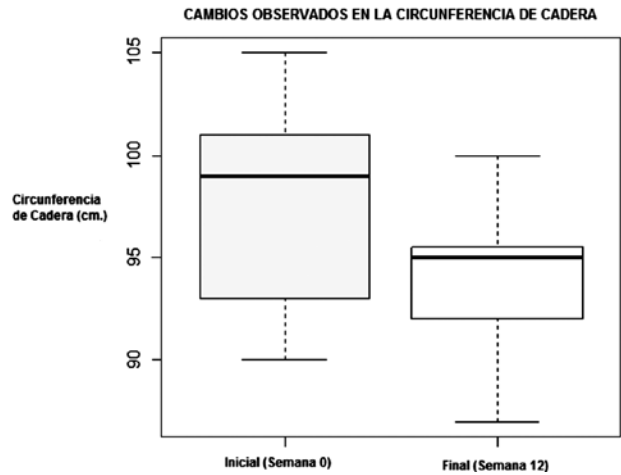


Gráfico 3. Cambios observados en la Circunferencia de Cadera
Fuente: Elaboración propia (2011)

El Gráfico 4 muestra los cambios observados en el índice cintura/cadera posterior a las 12 semanas del programa de ejercicio físico aeróbico, logrando una disminución (0.05 cm) que fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Se evidencia que aunque la dispersión en la semana 12 es mayor los datos se encuentran en un valor menor lo que nos indica un menor riesgo cardiovascular.

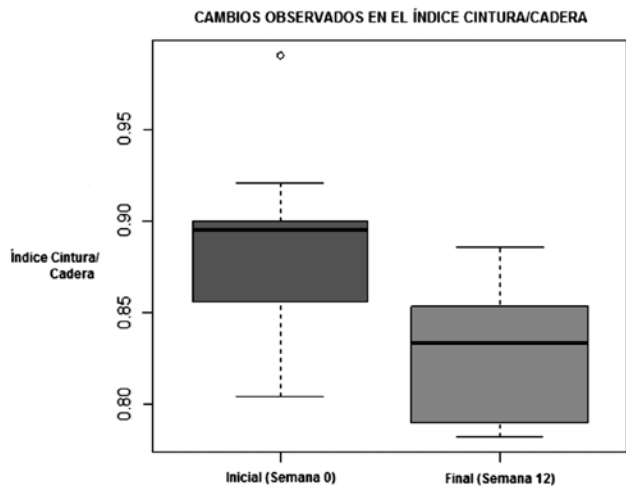


Gráfico 4. Cambios observados en el índice cintura/cadera
Fuente: Elaboración propia (2011)

La circunferencia de cuello posterior a las 12 semanas del programa de ejercicio físico aeróbico, logró una disminución de 1.5 cm, con respecto a la media, con significancia estadística ($p < 0.05$). Los datos expresados como la media (+ desviación estándar) en la semana 0: 31.94 (+ 3.58) cm y en la semana 12: 30.44 (+ 3.27) cm.

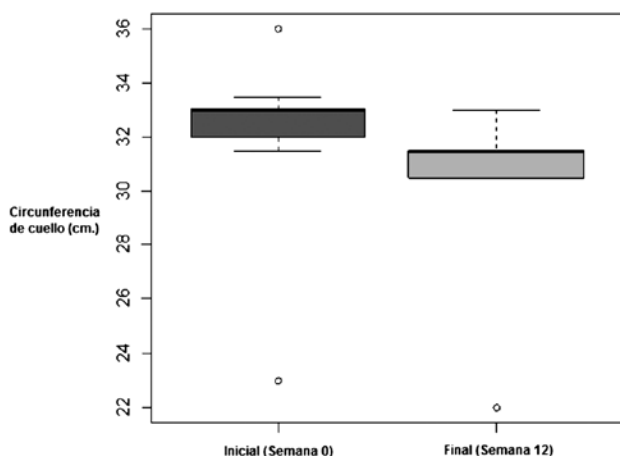


Gráfico 5. Cambios observados en la circunferencia de cuello
Fuente: Elaboración propia (2011)

El PGC mostró una disminución al final del programa de ejercicio físico aeróbico, pasando de datos iniciales de 32.26 (+ 3.70) % a datos en la semana 12 de 31.62 (+ 3.99) %. Al igual, la masa grasa mostró una disminución de 0.51 Kg al final del ejercicio físico; en la semana 0 se tuvo una media de 21.81 (+ 4.53) kg y en la semana 12 se tuvo una media de 21.3 (+ 4.97) Kg.

Variables Bioquímicas

Las concentraciones séricas de SHBG de las mujeres participantes aumentaron de un nivel basal de 55.3 (+ 76.18) nmol/L a 69.67 (+ 85.91) nmol/L. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Es de anotar que los valores de normalidad reportados en la literatura para fase folicular son de 15 – 120 nmol/L.

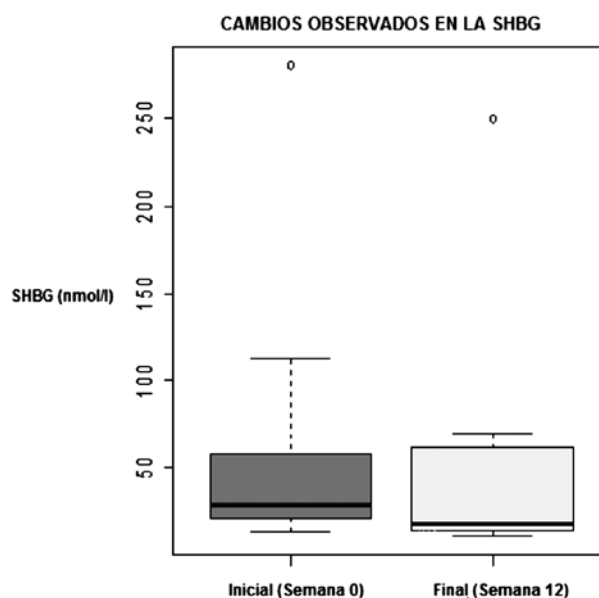


Gráfico 6. Cambios observados en la SHBG
Fuente: Elaboración propia (2011)

El índice HOMA – IR disminuyó de 3.02 (+ 1.40) mmol/L/micrU/L a 1.56 (+ 0.88) mmol/L/micrU/L al final de la semana 12. La diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

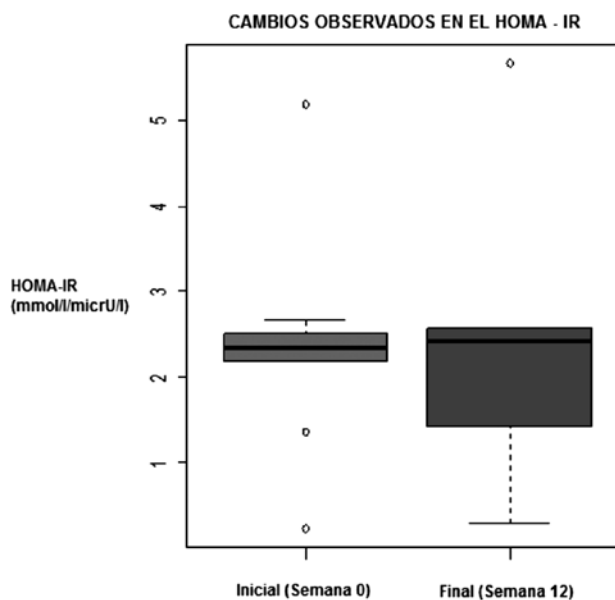


Gráfico 7. Cambios observados en el índice HOMA - IR
Fuente: Elaboración propia (2011)

En cuanto al coeficiente de correlación entre la SHBG y HOMA – IR, en la semana 0 fue -0.52 y en la semana doce -0.01; si bien las dos variables tuvieron cambios significativos estadísticamente la variación del HOMA – IR fue más marcada que la observada en la SHBG.

DISCUSIÓN

Se ha sugerido que las personas con sobrepeso u obesidad tienen una pobre aptitud cardiorrespiratoria, evidenciada en valores bajos de su VO₂, sin embargo varios investigadores entre ellos Cooper et. al (1990) encontraron que la obesidad no es un indicador de baja aptitud y que los valores de VO₂máx son similares en sujetos con peso corporal normal o aumentado (Loftin, Heusel, Bonis, Carlisle y Sothorn, 2005).

Los estudios han concluido que la intolerancia al ejercicio en las personas con sobrepeso es atribuida principalmente a la demanda metabólica incrementada por exceso de carga, en lugar de una disminución real en el fitness cardiorrespiratorio. Sin embargo, algunos estudios han reportado que los individuos con sobrepeso tienen una disminución significativa de su FCM, FCR y eficiencia de trabajo miocárdico; es posible, sin haberse elucidado totalmente, que estas diferencias con respecto a individuos con peso normal influyan sobre el rendimiento (Norman, 2005).

Se ha visto que a medida que se logra una reducción en el peso corporal y las medidas antropométricas, gracias al desarrollo de ejercicio físico se contribuye a incrementar la capacidad funcional medida como VO₂ (Thomas, Belko, Mulroy, Haas, Roe, 1965), reportando que en promedio los programas de entrenamiento típicamente producen un incremento entre el 5 y 20% (McTiernan, et. Al (2007). En este estudio la capacidad aeróbica incrementó un 8% ($p < 0.05$) después de las 12 semanas de ejercicio físico aeróbico, evidenciando que el protocolo propuesto, en cuanto a intensidad, frecuencia, duración, etapas es el adecuado para inducir cambios favorables en este nivel; y que el sobrepeso no fue un factor limitante para el aumento del VO₂.

La obesidad de tipo abdominovisceral es un factor de riesgo importante para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles como hipertensión arterial, DM2, obesidad, enfermedad cardiovascular, entre otras. El ejercicio físico resulta en una movilización preferencial de la grasa corporal superior. La pérdida de grasa visceral provoca un mejoramiento significativo de los índices metabólicos, más cuando se reconoce que la obesidad abdominal es un factor de riesgo mayor para enfermedad cardiovascular y para DM2 (Barrera, Pinilla, Cortés, Mora, Rodríguez, 2008). En nuestro estudio se logró una disminución significativa de la acumulación de grasa a nivel abdominal, ya que tanto en la circunferencia abdominal como en el índice cintura/cadera se observaron cambios de la semana 0 a la semana 12 estadísticamente significativos; ubicando a las mujeres en un menor riesgo de desarrollo de ECNT.

Se considera que la intensidad vigorosa del ejercicio resulta en un mayor aumento de la masa corporal magra en comparación con una menor intensidad de ejercicio; además que la cantidad de ejercicio determina el cambio total del peso corporal y pérdida de masa grasa, mientras que la intensidad del ejercicio parece ser el principal determinante del aumento de la masa corporal magra (Slentz, et. al. 2004).

Freedman y Rimm (1998) mostraron que la circunferencia del cuello puede estar relacionada con la diabetes en las mujeres independientemente del grado de sobrepeso. La circunferencia del cuello es un índice de la distribución del tejido adiposo subcutáneo, conociéndose que la liberación de ácidos grasos libres es mayor en la parte superior del cuerpo. La circunferencia del cuello se puede utilizar para identificar a los pacientes con sobrepeso y obesidad (211). Valores > 34 cm identifican sujetos con IMC > 25 Kg/m² y valores > 36.5 cm identifican sujetos con IMC > 30 Kg/m² (Liubov, Sohar, Laor, 2001). En la presente investigación se observa una reducción estadísticamente significativa de la circunferencia del cuello. Sin embargo no se observaron valores superiores a 34 cm en las mujeres del estudio, ni siquiera en la fase inicial del programa; puesto que todas las voluntarias presentaban sobrepeso

por lo menos en la fase inicial del estudio nuestros hallazgos no están de acuerdo con lo reportado en la literatura. La reproducibilidad de la medición de la circunferencia de cuello ha sido discutida (Laakso, Matilainen y Keinänen-Kiukaanniemi, 2002).

Kissebah et al (2000) mostraron en mujeres premenopáusicas que la cantidad de adiposidad visceral se asocia con intolerancia a la glucosa e hiperinsulinemia, asimismo con incremento de los niveles circulantes de testosterona libre y disminución de las concentraciones de SHBG (Haffner, 2000). Leenen et al (1994) mostraron incrementos en los niveles de SHBG como respuesta a la reducción del peso corporal durante el ejercicio físico. Lo anterior está de acuerdo con el presente trabajo en el cual se evidencia después de 12 semanas de ejercicio físico un aumento de los niveles circulantes de SHBG y una disminución del índice HOMA – IR, además de una reducción en la circunferencia abdominal y en el índice cintura/cadera.

En el estudio de Tchernof, Toth, Poehlman (1999) se encontró una relación entre la adiposidad total o intraabdominal y los bajos niveles circulantes de SHBG y la alteración metabólica de mujeres premenopáusicas. En el presente estudio además de la variación de las medidas antropométricas (circunferencia cintura, índice cintura/cadera, porcentaje de grasa corporal, masa grasa) se logró un aumento de los niveles circulantes de SHBG y una disminución de la RI evidenciada por un menor índice HOMA – IR; en conjunto estos resultados podrían mejorar la calidad de vida de las participantes de la investigación por proteger contra el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, mejorar el perfil metabólico, además de tener efectos positivos sobre aspectos como la autoestima y sensación de bienestar integral (Akin, Bastemir y Kaptanoglu, 2007).

Ivandic y colaboradores observaron en mujeres obesas premenopáusicas que la disminución del IMC y del índice cintura/cadera después de un programa de ejercicio físico, se asocia más con la respuesta de la glucosa a la insulina que con los incrementos de las concentraciones de SHBG y los niveles de hor-

monas sexuales (Haffner, 2000). Lo anterior va en concordancia con nuestro estudio, realizado en mujeres con sobrepeso, en el que se encuentra un mayor cambio en el índice HOMA – IR que en las concentraciones de SHBG.

REFERENCIAS

- Ahima, RS. (2006). Adipose tissue as an endocrine organ. *Obesity*; 14: 242S – 249S.
- Akin, F., Bastemir, M., Kaptanoglu, B. (2007). Relationship between Insulin and Sex Hormone-Binding Globulin Levels during Weight Loss in Obese Women. *Ann Nutr Metab.*; 51: 557 – 562.
- Barrera, M., Pinilla, A., Cortés, E., Mora, G., Rodríguez, M. (2008). Síndrome Metabólico: una mirada interdisciplinaria. *Revista Colombiana de Cardiología*;15(3): 111 – 126.
- Berlin, JA., Colditz, GA. (1990). A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *American Journal of Epidemiology*; 132: 612–628.
- Boutayeb, A. Boutayeb, S. (2005). The burden of non communicable diseases in developing countries. *International Journal for Equity in Health.*; 4(1):2.
- Cardona, JF. (2003). Boletín de Estadísticas Julio – Diciembre 2003. Secretaría Distrital de Salud de Bogotá.
- Cooper D.M., Poage, J., Barstow, T.J. and Springer, C. (1990). Are severely overweight children truly unfit? Minimizing the confounding effect of body size on the exercise response. *Journal of Pediatrics* 116, 223-230
- Eyre, H., Kahn, R., Robertson, RM., Clark, NG., Doyle, C., Hong, et al. (2004). Preventing cancer, cardiovascular disease, and diabetes: a common agenda for the American Cancer Society, the American Diabetes Association, and the American Heart Association. *Circulation*; 109(25): 3244-55.
- Freedman DS, Rimm AA. (1998). The relation of body fat distribution, as assessed by six girth measurements, to diabetes mellitus in women. *Am J Publ Health*; 79: 715-720.

- Gómez, LF., Duperly, J., Lucumi, DI., Gamez, R., Venegas, AS. (2005). Physical activity levels in adults living in Bogotá (Colombia): prevalence and associated factors. *Gac Sanit.*; 19(3): 206-13.
- Haffner, SM. (2000). Sex hormones, obesity, fat distribution, type 2 diabetes and insulin resistance: epidemiological and clinical correlation. *International J Obesity.*; 24: S56 – S58.
- Haffner, SM., Katz, MS., Stern, MP., Dunn, JF. (1988). The relationship of sex hormones to hyperinsulinemia and hyperglycemia. *Metabolism.*; 37: 683 – 688.
- Haffner, SM., Dinen, JF., Katz, MS. (1992). Relationship of sex hormone binding globulin to lipid, lipoprotein, glucose and insulin concentrations in postmenopausal women. *Metabolism.*; 41: 278 – 284.
- Kissebah, A. H., Sonnenberg, G. E., Myklebust, J., et al (2000) Quantitative trait loci on chromosomes 3 and 17 influence phenotypes of the metabolic syndrome. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 97: 14478–14483.
- Knowler, WC., Barrett-Connor, E., Fowler, SE., Hamman, RF., Lachin, JM., Walker, EA. et al. (2002). Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med.*; 346(6): 393-403.
- Laakso, M., Matilainen, V., Keinänen-Kiukaanniemi, S. (2002). Short Communication. Association of neck circumference with insulin resistance-related factors. *International Journal of Obesity.*(26): 873 – 875.
- Laaksonen, DE., Lakka, HM., Salonen, JT., Niskanen, LK., Rauramaa, R., Lakka, TA. (2002). Low Levels of Leisure-Time Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness Predict Development of the Metabolic Syndrome. *Diabetes Care.*; 25(9): 1612-8.
- Laaksonen, D., Niskanen, I., Punnonen, K., Nyyssönen, K., Tuomainen, T., Valkonen, V., Salonen, R., Salonen, J. Original Article. (2004). Testosterone and sex hormone-binding globulin predict the metabolic syndrome and diabetes in middle-aged men. *Diabetes Care.*;27:1036 – 1041.
- Laukkanen, JA., Lakka, TA., Rauramaa R., Kuhanen R., Venäläinen, JM., Salonen, R., Salonen, JT. (2001). Cardiovascular fitness as a predictor of mortality in men. *Arch Intern Med.*; 161: 825–831.
- Leenen R, van der Kooy K, Seidell JC, Deurenberg P, Koppeschaar HPF. (1994). Visceral fat accumulation in relation to sex hormones in obese men and women undergoing weight loss therapy. *J Clin Endocrinol Metab.* 78:1515–1520.
- Liubov, B., Sohar, E., Laor, A. (2001). Neck circumference as a simple screening measure for identifying overweight and obese patients. *Obesity Research.*;9(8): 470 – 477.
- Loftin, M., Heusel, L., Bonis, M., Carlisle, L., Sothorn, M. (2005). Comparison of oxygen uptake kinetics and oxygen deficit in severely overweight and normal weight adolescent females. *Journal of Sports Science and Medicine.*;4: 430 – 436.
- Mataix, J. (2009). *Tratado de nutrición y alimentación*. 1ª. Edición. Ed. Ergón. España. 2009.
- Mctiernan, A. et al. (2007). Exercise effect on weight and body fat in men and women. *Obesity.*;15(6): 1496 – 1512.
- Mokdad, AH., Marks, JS., Stroup, DF., Gerberding, JL. (2004). Actual causes of death in the United States 2000. *JAMA.*; 291(10): 1238-45.
- Norman, A. et al. (2005). Influence of excess adiposity on exercise fitness and performance in overweight children and adolescents. *Pediatrics.*; 115:e660 - e669.
- Patte, RR., Pratt, M., Blair, SN., Haskell, WL., Macera, CA., Bouchard, C. et al. (1995). A recommendation from the Centers for Disease control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA.*; 273(5): 402-7.
- Pugeat, M., Crane, JC., Elinidani, M. et al. (1991). Pathophysiology of sex hormone-binding globulin (SHBG): relation to insulin. *J Steroid Biochem Mol Biol.*; 40: 841 –849.
- Salinas, J., Vio, F. (2003). Promoting health and physical activity in Chile: a policy priority. *Rev Panam Salud Publica.*; 14(4): 281-8.

- Slentz, C., Duscha, B., Johnson, J., Ketchum, K., Aiken, L., Samsa, G., Houmard, J., Bales, C., Kraus, W. Original Investigation. (2004). Effects of the Amount of Exercise on Body Weight, Body Composition, and Measures of Central Obesity. *Arch Intern Med.*; 164: 31 – 39.
- Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO). (2000). Consenso SEEDO para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin*; 115: 587 – 597.
- Tchernof A, Toth MJ, Poehlman ET. (1999). Sex hormone-binding globulin levels in middle-aged premenopausal women. *DiabetesCare.* 22:1875–1881.
- Thomas, D., Belko, A., Mulroy, G., Haas, J., Roe, D. (1965). Combines effects of exercise and restriction of energy intake on moderately obese women. *Brit J Sports Med.*;20(2): 84 – 88.
- Thompson, PD., Buchner, D., Pina, IL., Balady, GJ., Williams, MA., Marcus, BH. et al. (2003). Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation*; 107(24): 3109-16.
- Wei, S., Schmidt, M., Dwyer, T., Norman, R., Venn, A. (2009). Obesity and menstrual irregularity: Associations with SHBG, Testosterone and insulin. *Obesity*; 17:1070–1076.
- World Health Organization. (2005). Preventing chronic diseases: a vital investment. WHO global report.