



Efecto del ejercicio en la concentración sérica de leptina y adiponectina en adolescentes con factores de riesgo de DM

Rocío Torres-García,^{a,b} Eneida del Socorro Camarillo-Romero,^a Abraham Majluf-Cruz,^c Gilberto Felipe Vázquez de Anda,^a Ana María Loe-Ochoa,^d Laura Patricia Montenegro-Morales,^a Patricia Cerecero-Aguirre,^a G. Gerardo Huixtrón-Bravo,^a José de Jesús Garduño-García^e

Effect of exercise on the serum concentrations of leptin and adiponectin in adolescents with risk factors of developing diabetes

Introduction: Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is an increasing health issue. Physical activity (PA) in early stages is a preventive measure in the development of degenerative diseases. It has been documented the association between exercise and leptin and adiponectin concentrations. The objective was to evaluate the effect of a physical activity program (PAP) on serum leptin and adiponectin in teenagers with risk factors for developing T2DM.

Methods: Experimental-longitudinal study. Teenagers (men and women), with T2DM risk factors, aged 14 to 16 years, participated in a PAP for three months, five days a week, 45 minutes each day. Before and after the program, all anthropometric variables, including leptin and adiponectin, were evaluated.

Results: 22 adolescents participated in the PAP and they were compared with 22 adolescents from the control group (who did not participate in the PAP). There was a reduction in the serum concentration of leptin in the intervention group (baseline 23 ± 13 ; after the PAP 14 ± 8 , $p > 0.0001$), compared with the control group (baseline 18 ± 13 , three months follow-up 20 ± 14 , $p < 0.520$). Also, the adiponectin concentration increased (baseline 10 ± 3 , after the PAP 13 ± 4.0 , $p > 0.014$), compared with the control group (baseline 11 ± 3 , 13 ± 4.0 after the PAP $p > 0.032$).

Conclusions: This study support the efficacy of an aerobic exercise intervention on metabolic markers of adolescents with risk factors for developing diabetes.

Keywords	Palabras clave
Diabetes mellitus	Diabetes mellitus
Adolescence	Adolescencia
Physical activity	Actividad física
Leptin	Leptina
Adiponectin	Adiponectina

Recibido: 20/06/2016

Aceptado: 07/11/2016

La diabetes es una enfermedad metabólica que constituye uno de los principales problemas de salud en Latinoamérica y el mundo. Hoy en día, se estima que aproximadamente 382 millones de personas viven con diabetes en todo el mundo y se espera que para 2035 esta cifra aumente hasta alcanzar los 552 millones.¹ En años recientes se ha descrito una transición epidemiológica en la cual los casos de diabetes tipo 2 son cada vez más frecuentes en la infancia y la adolescencia. Hay factores de riesgo para desarrollar la diabetes tipo 2 que no son modificables, como la edad, la historia familiar, haber presentado diabetes durante el embarazo, así como la etnicidad. Sin embargo, existen hábitos de vida que pueden elevar el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, tales como el sedentarismo, ciertos hábitos alimentarios, el sobrepeso o la obesidad abdominal. En estos hábitos se puede incidir de forma activa.¹ El sobrepeso y la obesidad incrementan significativamente el riesgo de padecer enfermedades crónico-degenerativas, mortalidad prematura y el costo social de la salud, además de que reducen la calidad de vida. El incremento paralelo de la frecuencia de la obesidad y del síndrome metabólico es un fenómeno mundial y México no es la excepción.²

En numerosos estudios se ha observado que el entrenamiento de ejercicio aeróbico regular incide en los componentes del síndrome metabólico, tales como la resistencia a la insulina, la hipertensión y las dislipidemias. A su vez se han documentado efectos benéficos en algunas citoquinas, como la leptina y la adiponectina.^{2,3}

La leptina se produce principalmente en el tejido adiposo blanco y está relacionada con la regulación de la homeostasis de la energía y el apetito en los mamíferos.⁴ El aumento en sus concentraciones se asocia

^aCuerpo Académico Salud del Universitario, Centro de Investigación en Ciencias Médicas (CICMED), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México

^bFacultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México

^cUnidad de Investigación Médica en Trombosis, Hemostasia y Aterogénesis, Hospital General Regional "Dr. Carlos MacGregor Sánchez Navarro", Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México

^dServicio Médico, Escuela Preparatoria "Lic. Adolfo López Mateos", Universidad Autónoma del Estado de México

^eServicio de Medicina Interna, Hospital Regional 251, Instituto Mexicano del Seguro Social, Metepec, Estado de México

Méjico

Comunicación con: José de Jesús Garduño-García

Teléfono: (722) 219 4122

Correo electrónico: jjgg1977@hotmail.com

Introducción: la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es un problema de salud cada vez más preocupante. El ejercicio en etapas tempranas es una medida preventiva en el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas. Se ha postulado la asociación entre el ejercicio con las concentraciones de leptina y adiponectina. El objetivo fue evaluar el efecto de un programa de actividad física (AF) sobre la concentración sérica de leptina y adiponectina en adolescentes con factores de riesgo para el desarrollo de DM2.

Métodos: estudio de tipo experimental-longitudinal. Participaron en un programa de AF durante tres meses adolescentes de 14 a 16 años, con factores de riesgo para el desarrollo de diabetes, cinco días a la semana, durante 45 minutos. Antes y después del

programa, se evaluó la respuesta de leptina y adiponectina.

Resultados: participaron 22 adolescentes en el programa y se compararon con 22 adolescentes del grupo control. Las cifras de leptina disminuyeron en el grupo de intervención: basal 23 ± 13 , después del programa 14 ± 8 , $p < 0.001$; grupo control: basal 18 ± 13 , seguimiento a tres meses 20 ± 14 , $p < 0.520$. Asimismo, incrementaron las cifras de adiponectina: basal 10 ± 3 , después del programa 13 ± 4.0 , $p < 0.014$; grupo control: basal 11 ± 3 , post ejercicio 13 ± 4.0 , $p < 0.032$.

Conclusiones: nuestros resultados apoyan la eficacia de una intervención con ejercicio aeróbico sobre las características en un grupo minoritario de adolescentes con factores de riesgo para desarrollar diabetes.

Resumen

a desenlaces metabólicos y cardiovasculares que son desfavorables.

La adiponectina es una adipocina cuyos niveles se reducen en asociación con factores de riesgo cardiovascular, como la diabetes tipo 2, la hipertensión, la dislipidemia y la inflamación de bajo grado. En concordancia con estos hallazgos clínicos, estudios experimentales han demostrado que la adiponectina mejora la sensibilidad a la insulina y reduce las reacciones inflamatorias en las células endoteliales vasculares. Por lo tanto, la adiponectina juega un papel protector en las complicaciones metabólicas y vasculares.^{5,6}

En este estudio se evaluó el efecto de un plan de ejercicio aeróbico, estructurado y supervisado, en adolescentes con algún factor de riesgo para el desarrollo de diabetes con la finalidad de evaluar la respuesta metabólica y el cambio en las concentraciones de citoquinas.

Métodos

Diseño

Estudio prospectivo, experimental, longitudinal, controlado no aleatorizado en el que se invitó a participar a adolescentes clínicamente sanos de entre 14 y 16 años de edad. Previa plática con las autoridades escolares, se convocó a todos los estudiantes de primer año del plantel “Lic. Adolfo López Mateos” de la Escuela Preparatoria de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). Se realizó una plática informativa con los padres de 981 adolescentes de nuevo ingreso al plantel de la escuela preparatoria. A 525 alumnos del turno matutino se les aplicó un cuestionario previamente validado para identificar la presencia de antecedentes familiares de diabetes.⁷ A su vez se obtuvieron mediciones antropométricas (peso, talla

y se calculó el índice de masa corporal, IMC) de los adolescentes estudiados que presentaron factores de riesgo (sobrepeso, obesidad o antecedente de familiares con diabetes en primer grado) y fueron invitados a acudir al Centro de Investigación en Ciencias Médicas (CICMED) de la UAEMex para una evaluación de laboratorio. Un total de 100 adolescentes acudieron a este centro para realizar estudios como se describe en un artículo previo.⁸ Se hizo una invitación general a participar en el programa de ejercicio y 22 pacientes ingresaron al estudio. Asimismo, se escogieron 22 pacientes al azar de la población estudiada como grupo control que no realizaron ejercicio de manera regular. Para el estudio fueron excluidos sujetos con diagnóstico de diabetes, hipotiroidismo; mujeres embarazadas; sujetos con hepatopatía o disfunción renal significativa actual (incluyendo creatinina sérica); aquellos con necesidad de corticosteroides sistémicos intermitentes a dosis farmacológicas (intravenosas, orales o inyectables, incluyendo inyecciones en las articulaciones). Asimismo, se permitieron los corticosteroides sistémicos a dosis de reemplazo, hasta 7.5 mg/día de prednisona o 30 mg/día de hidrocortisona o su equivalente, al igual que los corticosteroides inhalados o tópicos.

Procedimientos

Los pacientes fueron citados al CICMED para una nueva revisión física y realización de antropometría. En la visita se midió la presión arterial, la talla y el peso. Para la toma de la presión arterial, se registró la presión sistólica y diastólica empleando un esfigmomanómetro de mercurio; los sujetos permanecieron sentados y en reposo por cinco minutos antes de la medición. Para la medición del peso y la talla, los pacientes se retiraron los zapatos y suéteres. El peso fue medido en una báscula digital previamente calibrada. El IMC fue calculado dividiendo el peso (kg)

entre la talla (expresada en metros al cuadrado). El perímetro de cintura se midió con el paciente de pie y se marcó una línea perpendicular que uniera el punto medio de dos trazos (izquierdo y derecho) del borde inferior del arco costal (a la altura de la línea axilar media) con el borde superior de la cresta ilíaca. Se realizó extracción de 20 cc de sangre.

Evaluaciones bioquímicas

De las muestras de sangre obtenidas, los tubos se centrifugaron por 10 minutos a 500 g para obtener el suero. Y se determinó la concentración de glucosa, colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL y triglicéridos por procedimientos enzimáticos (Randox Laboratories Ltd, County Antrim, UK). Las concentraciones de leptina y adiponectina se determinaron por el método inmunoenzimático (ELISA Kit Invitrogen,^{MR} Frederick, MD, USA).

Intervención

El grupo de intervención recibió un programa de ejercicio que se llevó a cabo durante tres meses. La sesión de ejercicio estuvo dividida en tres etapas:

- Calentamiento: durante 15 minutos se llevaban a cabo movimientos suaves que involucraran todas las partes del cuerpo, iniciando por cuello, miembros superiores, tronco y miembros inferiores, con 10 repeticiones cada uno.
- Ejercicio aeróbico: durante 45 minutos era realizado bajo la batuta del instructor. En cada sesión se ejercitaban de dos a tres grupos musculares (cuello y hombro, brazos, cadera, piernas y muslos, pecho, espalda); se combinaban los ejercicios de tal forma que al terminar la semana todas las regiones del cuerpo se ejercitaban. El miércoles se realizaban ejercicios aeróbicos que ayudaran al fortalecimiento y la tonicidad del cuerpo, con 16 repeticiones cada uno.
- Relajación: en esta etapa se llevaban a cabo movimientos lentos, pausados, los cuales eran alternados con respiraciones profundas hasta llegar a la recuperación total.

La intensidad de trabajo intermedia (de 60 a 70% de la frecuencia cardíaca, de 3 a 6 METs/minuto) fue monitoreada con un aparato electrónico que mide la frecuencia cardíaca (pulsómetro Active Graph, modelo Active Sleep). El programa fue diseñado, dirigido y supervisado por un instructor certificado, el cual tuvo en cuenta las instalaciones de la escuela.

Análisis estadístico

El análisis descriptivo se realizó empleando promedios y desviaciones estándar para las variables continuas. Las prevalencias fueron expresadas en forma de porcentajes. Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) para definir normalidad de las variables. Las diferencias en el grupo de intervención y controles antes y después del AF se establecieron mediante *t* de Student para muestras relacionadas o la prueba de Wilcoxon, según correspondiera. Se consideraron diferencias significativas si *p* < 0.05. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versión 19 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EU).

Implicaciones bioéticas

El estudio se llevó a cabo siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki (2009) y la Ley General de Salud (2010). Se obtuvo un consentimiento informado del padre o tutor y un asentimiento informado del alumno. Para el manejo y almacenamiento de muestras sanguíneas se basó en la cadena de custodia. El protocolo se aprobó ante el Comité de Ética e Investigación del CICMED de la UAEMex.

Resultados

Se incluyeron un total de 22 adolescentes con factores de riesgo para diabetes (ocho hombres y 14 mujeres) y se compararon con un grupo control de 22 adolescentes (nueve hombres y 13 mujeres). La edad promedio fue de 15.8 ± 2 años, con un IMC de 24.5 kg/m^2 .

Las medidas antropométricas (peso, talla, circunferencia de la cintura [CC], circunferencia de la cadera) del grupo de intervención y control antes y después de la intervención no mostraron diferencias significativas. Se muestran las características basales y al seguimiento en el cuadro I. Solo los niveles del colesterol HDL aumentaron significativamente después de aplicar el programa de la AF en el grupo intervención (cuadro II).

Se observaron cambios en las concentraciones de leptina y adiponectina estadísticamente significativos en el grupo con intervención. La concentración de leptina disminuyó y la adiponectina aumentó después del programa de ejercicio. En el grupo control no se encontraron cambios significativos. Las concentraciones de leptina y adiponectina se muestran en el cuadro III.

Discusión

El presente estudio es una intervención realizada en adolescentes con factores de riesgo para desarrollar

Cuadro I Efecto del ejercicio sobre medidas antropométricas

Variable	Sin actividad física (22)			Con actividad física (22)		
	Media ± DE Basal	Media ± DE PAF	p	Media ± DE Basal	Media ± DE PAF	p
Peso (en kg)	63 ± 11	62 ± 10	0.959	66 ± 17	64 ± 16	0.383
IMC	23 ± 3	23 ± 2	0.212	25 ± 4	24 ± 3	0.254
C. Cintura (cm)	82 ± 9	84 ± 7	0.407	85 ± 12	84 ± 12	0.194
C. Cadera (cm)	93 ± 6	94 ± 5	0.266	95 ± 11	95 ± 8	0.770

PAF = Posterior a la actividad física; IMC = índice de masa corporal; C. cintura = circunferencia de la cintura;

C. cadera = circunferencia de la cadera

T pareada, p < 0.050

diabetes mellitus tipo 2, ya sea obesidad, sobrepeso o antecedentes heredofamiliares de diabetes. En este se invitó a participar a alumnos de recién ingreso al bachillerato. Se realizó una intervención estructurada y supervisada de actividad física y se comparó con un grupo control de características similares. Se demostró que este plan a tres meses modificaba de manera favorable las concentraciones de leptina y adiponectina.

El aumento del número de casos de diabetes mellitus 2 (DM2) en niños y adolescentes indica la necesidad de estudios que investiguen los factores asociados a los riesgos de desarrollar esa enfermedad, y la evaluación de posibles intervenciones que disminuyan este riesgo. Los factores de riesgo que pueden impactar en etapas tempranas de la vida son la historia familiar de diabetes tipo 2, el sobrepeso, la obesidad, la inactividad física y los hábitos nutricionales. En un estudio realizado en adolescentes en general, la historia familiar de diabetes fue encontrada hasta en un 15.3%. Los antecedentes familiares son importantes en la ocurrencia de DM2 en los jóvenes. Por lo menos

uno de los parientes de primer o segundo grado se ven afectados y se estima que hasta el 65% presentan un familiar de primer grado con DM2. Otro estudio, que evaluó familiares de adolescentes con DM2, encontró que los parientes de primer grado de esos adolescentes eran obesos y presentaban mayor incidencia de DM2.⁹ Si bien la obesidad y el sobrepeso son factores de mucho peso para desarrollar diabetes en etapas tempranas, en este estudio se consideró incluir a pacientes con antecedentes heredofamiliares para diabetes en la intervención de actividad física. Por el número de pacientes incluidos en esta muestra no fue posible evaluar una diferencia en la respuesta al ejercicio en relación con esta variable.

En la población general la diabetes tipo 2 es el tipo más común de diabetes y representa más del 90% de todas las formas de diabetes. Anteriormente la diabetes tipo 1 era considerada prácticamente como la única causa de alteraciones en el metabolismo de la glucosa en etapas tempranas de la vida. En los últimos años la proporción de la diabetes tipo 2 se ha incre-

Cuadro II Efecto del ejercicio sobre perfil de lípidos y otros marcadores bioquímicos

Variable	Sin actividad física			Con actividad física		
	Media ± DE Basal	Media ± DE PAF	p	Media ± DE Basal	Media ± DE PAF	p
Glucosa basal	93 ± 7	92 ± 5	0.614	89 ± 6	88 ± 6	0.340
Urea	25 ± 5	26 ± 6	0.344	24 ± 5	23 ± 5	0.903
Creatinina	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.674	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.2	0.483
Ácido úrico	4 ± 1	4 ± 1	0.244	4 ± 1	4 ± 1	0.640
Colesterol total	182 ± 38	172 ± 33	0.059	161 ± 41	164 ± 26	0.678
Triacilglicéridos	127 ± 71	114 ± 69	0.429	123 ± 56	111 ± 53	0.135
HDL-Colesterol	44 ± 10	46 ± 8	0.411	41 ± 9	44 ± 8	0.035
LDL-Colesterol	121 ± 31	115 ± 34	0.100	101 ± 31	105 ± 26	0.317

PAF = posterior a la actividad física; HDL-colesterol = lipoproteínas de alta densidad, LDL-colesterol = lipoproteínas de baja densidad

T pareada, p < 0.050

Cuadro III Efecto del ejercicio sobre leptina y adiponectina

Variable	Sin actividad física (22)			Con actividad física (22)		
	Media ± DE Basal	Media ± DE PAF	p	Media ± DE Basal	Media ± DE PAF	p
Leptina	18 ± 13	20 ± 14	0.525	23 ± 13	14 ± 8	< 0.0001
Adiponectina	11 ± 2	13 ± 4	0.32	10 ± 3	13 ± 4	0.014

PAF = posterior a la actividad física

T pareada, $p < 0.050$

mentado en este grupo etario de manera importante, ya que, dependiendo de la población estudiada, puede representar casi el 50% de los casos de diabetes en la adolescencia. Dicho fenómeno va de la mano con el aumento importante de la prevalencia de obesidad y sobrepeso en la adolescencia. La obesidad es un factor de riesgo importante para el desarrollo de esta enfermedad y cada vez es más común en niños y adultos jóvenes, como consecuencia de cambios en el estilo de vida.¹⁰ En la última encuesta nacional de salud de nuestro país se demostró que existe una prevalencia de aproximadamente 35% de sobrepeso y obesidad en adolescentes, la cual es una de las más altas a nivel mundial. Del mismo modo se demostró que existe muy poca actividad física en este grupo de edad si se compara con los adolescentes de otros países.¹¹

La actividad física ha demostrado ser fundamental para la regulación del metabolismo. Se ha demostrado en diversos trabajos la eficacia de una intervención de ejercicio aeróbico en la concentración sérica de leptina y adiponectina. No obstante gran parte de estos trabajos se han realizado en poblaciones adultas o geriátricas. El efecto en adolescentes ha sido menos estudiado, a pesar de que esta etapa es aquella en la que se podría tener un mayor beneficio a largo plazo.

Entre los estudios más importantes en este grupo de edad en Latinoamérica está el realizado por Damaso *et al.* en población brasileña, en el cual los autores demuestran que una intervención multidisciplinaria basada en ejercicio aeróbico y en estudios clínicos, psicológicos y de nutrición podía modificar de manera favorable las concentraciones de leptina y adiponectina.¹² Con la intervención de este grupo se evaluó no solo la efectividad del ejercicio, sino también cambios activos en los hábitos alimenticios. En nuestra población la intervención estuvo basada en la actividad física, sin haber una intervención nutricional activa.

Como se sabe, la secreción de adipocinas proinflamatorias elevadas, contribuye a la patogénesis de la resistencia a la insulina y la aterosclerosis. La capacidad para revertir los marcadores plasmáticos de inflamación en los adolescentes con obesidad a través

de una intervención de ejercicio sugiere que los participantes más jóvenes pueden ser más flexibles, con lo cual se revierte más fácilmente el estado proinflamatorio.⁵ Los niveles plasmáticos de leptina se correlacionan positivamente con los índices de resistencia a la insulina.¹³ La concentración de adiponectina es un potente antiinflamatorio y actúa en la regulación de la homeostasis de la insulina, lo cual favorece el control de muchas enfermedades crónicas, entre las que se incluyen la aterosclerosis, hipertensión, hígado graso no alcohólico, síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares, trombosis y asma. Estos datos refuerzan la importancia de los resultados observados en el presente estudio, principalmente la reducción de hiperleptinemia y el aumento en la adiponectina.¹⁴

En anteriores trabajos se ha demostrado que la pérdida de peso promueve un aumento de la adiponectina y una disminución de la leptina. En el trabajo realizado por Many *et al.*, se concluye que existe una disminución de los valores de leptina, aunque 55% de los adolescentes continuaron en valores altos al compararlos con su población. En nuestra población no se encontró disminución del peso, no obstante las mejorías de los perfiles de leptina comparados con el grupo control. Lo anterior podría ser explicado gracias a que en esta población no solo se consideraron pacientes obesos sino también con sobrepeso o con antecedentes familiares de diabetes. La respuesta favorable al incremento de adiponectina también se ha demostrado en pacientes con obesidad, la cual se ha relacionado de manera estrecha con la pérdida de peso.¹⁵ Aún así, no todos los programas de ejercicio han documentado cambios significativos en los niveles de leptina. Jones *et al.* evaluaron la respuesta a 32 semanas de un programa entrenamiento aeróbico monitoreado y evidenciaron disminución de péptido YY y resistina, pero no de leptina.¹⁴

En nuestro trabajo el grupo de actividad física presentó una mejoría en el perfil de lípidos, no obstante no se encontró diferencia estadísticamente significativa en colesterol y triglicéridos. Aun así, sí se reportó un incremento significativo de los valores de HDL.

Estos resultados concuerdan con un trabajo realizado en adolescentes con ejercicio aeróbico durante ocho meses, lo cual sí demostró una mayor eficacia sobre el perfil de lípidos al revelar diferencias significativas.¹⁵

Se ha demostrado que la práctica de actividad física vigorosa igual o mayor de 6 MET aumenta la concentración de adiponectina en adolescentes y que también mejora otras citoquinas proinflamatorias, lo que reduce el riesgo de inflamación, el aumento de adiposidad y la resistencia a la insulina.^{16,17}

En otros trabajos realizados en adolescentes con intervención de ejercicios en comparación con adolescentes sedentarios se observó una mejoría en los que hacían ejercicio, pues se encontró una relación beneficiosa del ejercicio con los componentes del síndrome metabólico y también se asoció inversamente con la leptina, independientemente de la masa grasa corporal; sin embargo, no se encontró asociación con la adiponectina.

Un estudio realizado en mujeres adolescentes con sobrepeso y obesidad, en el que el objetivo fue examinar el efecto de la práctica de ejercicio aeróbico sobre la sensibilidad a la insulina después de un entrenamiento aeróbico durante doce semanas, se observó una mejoría en la sensibilidad de la insulina sin cambios en el peso corporal. También se midieron las concentraciones de adiponectina, en las que no hubo cambios después del ejercicio aeróbico, al igual que otros marcadores de inflamación como IL6 y la PCR.^{18,19} Estos resultados son similares al trabajo realizado por Martínez *et al.*, en el que no se observaron cambios en la concentración de adiponectina, pero sí hubo una asociación inversa significativa con la leptina.²⁰ La mayoría de los estudios previos se han realizado solo en pacientes con sobrepeso o en adolescentes sanos; en este estudio fue incluido como factor de riesgo la presencia de antecedentes familiares para diabetes, lo que podría explicar ciertas de las diferencias con estudios previos.

El presente estudio pretende demostrar la utilidad de intervenciones tempranas en adolescentes con fac-

tores de riesgo para el desarrollo de diabetes, dado que esta representa uno de los principales retos en salud para la mayoría de los países de Latinoamérica.

Las fortalezas de este estudio son la supervisión estricta del programa de ejercicio en un grupo de jóvenes con factores de riesgo para diabetes, comparado con un grupo control de características similares. Es el primer estudio de actividad física en adolescentes que considera la participación de individuos con familiares de diabetes en primer grado y no solo con obesidad. La desventaja del estudio es que el número de pacientes no permite evaluar el efecto con base en cada factor de riesgo utilizado para la selección de los pacientes.

Conclusiones

El plan aeróbico de actividad física realizado por 45 minutos al día, por cinco días a la semana y durante tres meses demostró una modificación saludable en las concentraciones de citoquinas, lo cual disminuyó la leptina y aumentó la adiponectina. También se observó un aumento en la concentración de colesterol HDL. Las medidas antropométricas no mostraron diferencias significativas.

Agradecimiento

El estudio recibió apoyo de financiero de la Convocatoria para Consolidación de Cuerpos Académicos de la Secretaría de Educación Pública (SEP) de México.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno que tuviera relación con este artículo.

Referencias

1. International Diabetes Federation (IDF). Diabetes Atlas. 5th edition. Brussels: IDF; 2011.
2. Barrera-Cruz A, Rodríguez-González A, Molina-Ayala MA. Escenario actual de la obesidad en México. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2013;51(3):292-9.
3. Go bidi S, Laher I. Exercise induced adipokine changes and the metabolic syndrome. J Diabetes Res. 2014(2014):726861. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/jdr/2014/726861/>
4. Wada N, Hirako S, Takenoya F, Kageyama H, Okabe M, Shioda S. Leptin and its receptors. J Chem Neuroanat. 2014 Nov;61-62:191-9.
5. Many G, Hurtado ME, Tánger C, Hounard J, Gordish-Dressman H, Park JJ, et al. Moderate-intensity aerobic training program improves insulin sensitivity and inflammatory markers in a pilot study of morbidly obese minority teens. Pediatr Exerc Sci. 2013; 25(1):12-26.
6. Watanabe Y, Shibata R, Ouchi N, Kambara T, Ohashi K, Jie L, et al. Adiponectin ameliorates endotoxin-induced acute cardiac injury. Biomed Res Int. 2014(2014):382035. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/382035/>
7. Halley-Castillo E, Borges G, Talavera JO, Orozco R, Vargas-Alemán C, Huitron-Bravo G, et al. Body mass index and the prevalence of metabolic syn-

- drome among children and adolescents in two Mexican populations. *J Adolesc Health.* 2007;40(6):521-6
8. Garduño-García JJ, Camarillo-Romero E, Loe-Ochoa A, Romero Figueroa S, Huitron-Bravo G, Torres-García R, et al. Thyroid function is associated with insulin resistance markers in healthy adolescents with risk factors to develop diabetes. *Diabetol Metab Syndr.* 2015;7:16.
 9. Silva ARV, Damasceno MMC, Carvalho ZM, Hissa MN, Almeida PC, Silva, LF. Prevalencia de factores de riesgo para diabetes mellitus tipo 2 en adolescentes de Fortaleza-Brasil. *Enfermería Integral.* 2007;78:47-50.
 10. Raciti GA, Bera TK, Gavrilova O, Pastan I. Partial inactivation of Ankrd26 causes diabetes with enhanced insulin responsiveness of adipose tissue in mice. *Diabetologia.* 2011;54(11):2911-22.
 11. Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2012.
 12. Damaso AR, de Piano A, Campos RM, Corgosinho FC, Siegfried W, Caranti DA, et al. Multidisciplinary approach to the treatment of obese adolescents: effects on cardiovascular risk factors, inflammatory profile, and neuroendocrine regulation of energy balance. *Int J Endocrinol.* 2013;2013:541032.
 13. Stofkova A. Leptin and adiponectin: from energy and metabolic dysbalance to inflammation and autoimmunity. *Endocr Regul.* 2009;43(4):157-68.
 14. Jones TE, Basilio JL, Brophy PM, McCammon MR, Hickner RC. Long-term exercise training in overweight adolescents improves plasma peptide YY and resistin. *Obesity (Silver Spring).* 2009;17(6):1189-95.
 15. Nascimento H, Costa E, Rocha S, Lucena C, Rocha-Pereira P, Rêgo C, et al. Adiponectin and markers of metabolic syndrome in obese children and adolescents: impact of 8-mo regular physical exercise program. *Pediatr Res.* 2014;76(2):159-65.
 16. Rubin DA, McMurray RG, Harrell JS, Thorpe DE, Hackney AC. Vigorous physical activity and cytokines in adolescents. *Eur J Appl Physiol.* 2008;103 (5):495-500.
 17. Ischander M, Zaldivar F Jr, Eliakim A, Nussbaum E, Dunton G, Leu SY, et al. Physical activity, growth, and inflammatory mediators in BMI-matched female adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(7):1131-8.
 18. Platat C, Wagner A, Klumpp T, Schweitzer B, Simon C. Relationships of physical activity with metabolic syndrome features and low-grade inflammation in adolescents. *Diabetologia.* 2006;49(9):2078-85.
 19. Nassis GP, Papantakou K, Skenderi K, Triandaflopoulou M, Kavouras SA, Yannakoulia M, et al. Aerobic exercise training improves insulin sensitivity without changes in body weight, body fat, adiponectin, and inflammatory markers in overweight and obese girls. *Metabolism.* 2005;54(11):1472-9.
 20. Martinez-Gomez D, Eisenmann JC, Gomez-Martinez S, Veses A, Romeo J, Veiga OL, et al. Associations of physical activity and fitness with adipocytokines in adolescents: the AFINOS Study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2012 Mar;22(3):252-9.