



ORIGINAL

Ejercicio moderado y consumo de alimentos de alto y bajo índice glucémico en mujeres sedentarias



Briseidy Ortiz-Rodríguez^a, Lidia G. De León^{a,*}, Julián Esparza-Romero^b,
Claudia E. Carrasco-Legleu^a y Ramón Candía-Luján^a

^a Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México

^b Departamento de Nutrición y Metabolismo, Coordinación de Nutrición, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD, A.C.), Hermosillo, Sonora, México

Recibido el 19 de septiembre de 2017; aceptado el 7 de febrero de 2018
Disponible en Internet el 26 de mayo de 2018

PALABRAS CLAVE

Índice glucémico;
Ejercicio aerobio;
Obesidad;
Mujeres jóvenes

Resumen

Objetivo: Analizar los cambios en las concentraciones de glucosa, insulina y triglicéridos sanguíneos en relación con un ejercicio aerobio moderado en mujeres sedentarias de distinto peso corporal, expuestas a una dieta rica en hidratos de carbono de alto o bajo índice glucémico.

Diseño: Tipo cruzado.

Emplazamiento: Se realizó en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Participantes: Participaron 26 mujeres jóvenes sedentarias que no realizaron ejercicio en el último año. Se excluyeron 4 de peso adecuado (PA) y 2 con obesidad (OB) por no consumir los hidratos de carbono indicados (1 g/kg de peso) ni completar el ejercicio programado. Quedaron n = 10 en cada grupo (PA/OB).

Intervención: Se aplicaron 2 tratamientos de 55 min de ejercicio aerobio cada uno, un día después de consumir hidratos de carbono de alto o de bajo índice glucémico.

Mediciones principales: Se determinaron glucosa, insulina y triglicéridos plasmáticos, antes y después del ejercicio programado.

Resultados: Glucosa, insulina y triglicéridos fueron más altos en OB que en PA al inicio del estudio. La glucosa se normalizó en OB de $5,8 \pm 0,35$ a $5,3 \pm 0,23$ mmol/L ($p = 0,001$), solo por ingerir alimentos de bajo índice glucémico; los triglicéridos incrementaron de $139,5 \pm 66$ a $150,8 \pm 67,2$ mg/dl ($p = 0,004$), al término del ejercicio, habiendo consumido alimentos de bajo índice glucémico.

Conclusión: La elevación de triglicéridos secundaria al ejercicio posterior al consumo de bajo índice glucémico parece indicar aumento de oxidación lipídica en OB.

© 2018 Los Autores. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: gdeleon@uach.mx (L.G. De León).

KEYWORDS

Glycemic index;
Aerobic exercise;
Obesity;
Young women

Moderate exercise and intake of either high or low glycemic index carbohydrates in sedentary women

Abstract

Objective: To analyze changes in blood glucose, insulin and triglyceride concentrations in relation to a moderate aerobic exercise in sedentary women of different body weight, exposed to either a high or low glycemic index carbohydrates diet.

Diseño: Cross-over type.

Site: Research was performed in the Exercise Physiology Laboratory at Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Participants: Twenty-six young sedentary women who did not exercise in the last year participated in the study. Four of adequate weight (AW) and 2 with obesity (OB) were excluded for not consuming the suggested carbohydrates (1 gr/kg of weight) nor completed the programmed exercise. There were n = 10 in each group (AW/OB).

Intervention: Two treatments of 55 minutes of aerobic exercise each were applied one day after consuming either high or low glycemic index carbohydrates.

Main measurements: Plasmatic glucose, insulin, and triglycerides were determined before and after the scheduled exercise.

Results: Glucose, insulin, and triglycerides were higher in OB than in AW at baseline. Glucose was normalized in OB from 5.8 ± 0.35 to 5.3 ± 0.23 mmol/L ($P = .001$), only by eating foods with low glycemic index; triglycerides increased from 139.5 ± 66.0 to 150.8 ± 67.2 mg/dl ($P = .004$) at the end of the exercise, after consumption of low glycemic index carbohydrates.

Conclusion: Elevation of triglycerides secondary to exercise after consumption of low glycemic index seems to indicate an increase of lipid oxidation in OB.

© 2018 The Authors. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El sobrepeso y la obesidad se han visto incrementados por un estilo de vida sedentario y la ingesta de alimentos de alta densidad energética. Las modificaciones positivas en el estilo de vida, que se refieren al aumento de la práctica de ejercicio físico y el aporte nutricional correcto, son la piedra angular en el tratamiento de la OB y sus comorbilidades¹.

Se ha observado que un mayor consumo de hidratos de carbono (HC) con alto índice glucémico (AIG) provoca que el individuo se sienta poco satisfecho, aumentando el deseo de comer, ya que este tipo de HC se caracterizan por un rápido incremento de la glucemia posprandial y de la secreción de la insulina, generando una hipoglucemia secundaria que, aunada a una actividad física insuficiente, puede contribuir a la resistencia a la insulina en individuos con sobrepeso y obesidad, lo que genera a largo plazo el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2, contrariamente a lo que puede ocurrir con el consumo de alimentos de bajo índice glucémico (BIG)².

A pesar de que la práctica regular de ejercicio físico representa una herramienta potente para modificar y promover la movilización de las grasas y el balance en su uso como sustrato energético durante un esfuerzo aerobio moderado, se ha observado que en las personas con sobrepeso u obesidad no ocurre así^{3,4}. Es probable que el elevado consumo de alimentos de AIG estimule la lipogénesis y la inhibición de la lipólisis, lo que provocaría una disminución en la utilización de las grasas, frenando así el uso de los lípidos durante el ejercicio físico⁵.

Es necesario identificar el papel que desempeña la ingesta de alimentos de AIG o BIG durante el ejercicio aerobio moderado en personas con sobrepeso u obesidad, ya que podría ser de importancia medular para favorecer una mejor oxidación de grasas, evitando mayor acumulación de tejido adiposo lo que generaría un adecuado control de peso corporal. Por ello, hemos llevado a cabo el presente trabajo con el objetivo de analizar los cambios en las concentraciones de glucosa, insulina y triglicéridos sanguíneos en relación con un ejercicio aerobio moderado en mujeres sedentarias de distinto peso corporal, expuestas a una dieta rica en hidratos de carbono de alto índice glucémico o bajo índice glucémico.

Material y método

El presente es un estudio clínico tipo *cross-over* en mujeres sedentarias, realizado en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México, durante el período de mayo a diciembre de 2014. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Central del Estado y la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Chihuahua, con el número de registro A-120/14.

Participantes

Se seleccionaron 26 mujeres jóvenes sedentarias, 14 con peso adecuado (PA) y 12 con sobrepeso u obesidad (OB), de

un grupo de estudiantes universitarias interesadas en participar respondiendo activamente a la invitación. Cada una ellas firmó un consentimiento informado de participación voluntaria y se determinó su estado de salud a través de un examen médico con la finalidad de descartar otras patologías, clasificándolas como Aptas o No aptas para realizar actividad física.

Se aceptaron en el estudio solo las mujeres que, de acuerdo al cuestionario, manifestaron no realizar ejercicio físico regular en los últimos 12 meses. Se excluyeron quienes presentaron problemas articulares o musculares, embarazo y/o lactancia; las que no completaron el total de los minutos del ejercicio programado o quienes no consumieron los HC indicados.

Finalmente los grupos PA y OB se conformaron de 10 mujeres cada uno.

Intervenciones

Se aplicaron 2 tratamientos definidos por la administración de ejercicio físico programado, uno después del consumo de HC de AIG (HC-AIG) denominado tratamiento 1 (T1) y otro posterior a la ingesta de HC de BIG (HC-BIG) considerado tratamiento 2 (T2). La secuencia de las intervenciones fue aleatoria, para minimizar el efecto del orden de aplicación; de manera que la mitad de las participantes iniciaron con el T1 y el resto con el T2.

Se instruyó a cada una de las mujeres a sustituir los HC de su alimentación habitual, por HC-AIG o HC-BIG en la dieta del día previo al ejercicio. Se proporcionaron 3 menús variados de alimentos con alto contenido de HC-AIG y 3 con HC-BIG, clasificados de acuerdo a las tablas del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes⁶, de los que seleccionaron libremente y consumieron *ad libitum* en cantidades equivalentes a por lo menos su peso corporal en gramos (1 g/kg de peso corporal).

Los T1 y T2 consistieron cada uno en la administración de una sesión única de 55 min de ejercicio aerobio de intensidad moderada entre el 40% y el 59% de la frecuencia cardiaca de reserva⁷ habiendo consumido HC-AIG y HC-BIG respectivamente. Todas las participantes realizaron el ejercicio programado en una bicicleta estacionaria; cada sesión se estructuró con 5 min de calentamiento, 45 min de parte medular y 5 min de vuelta a la calma. Se permitió un período de lavado de 7 días (wash out) entre la administración de T1 y T2 (o de T2 y T1) donde las participantes mantuvieron actividades y dieta de acuerdo a su costumbre.

Cada participante acudió al laboratorio en condiciones de ayuno para una toma de muestra sanguínea, e inmediatamente realizar el ejercicio físico programado (T1 o T2); al finalizarlo se obtuvo otra muestra sanguínea. El procedimiento se repitió para cada una, una semana después, con el tratamiento correspondiente. Se comprobó por medio de un recordatorio de alimentación de 24 h si el consumo de HC-AIG o HC-BIG fueron los indicados para antes de cada ejercicio.

Variables

Como variables de respuesta se consideraron las concentraciones plasmáticas de glucosa, insulina y TG.

El nivel de actividad física de cada participante se determinó a través de un cuestionario, que permitió estimar la actividad cotidiana en equivalentes metabólicos (MET) de acuerdo al Compendio Mundial de Actividad Física de Ainsworth⁸, para garantizar que las mujeres no fueran físicamente activas. Se clasificaron como sedentarias si su actividad diaria era equivalente a un esfuerzo igual o menor a 3 MET habiendo manifestado no realizar ejercicio adicional a las actividades cotidianas.

Se midió el perfil antropométrico restringido que incluye 2 medidas básicas, 8 panículos, 5 circunferencias y 2 diámetros cortos, mediante la técnica de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés)⁹. Todas las mediciones se hicieron por duplicado, por una antropometrista certificada nivel 2 de ISAK ($ETM \leq 5\%$ y $\leq 1\%$), utilizando un equipo Roscraft. Con ello se determinó la sumatoria proporcional de 6 pliegues (SP6P) de Ross y Kerr¹⁰ multiplicando la suma de los panículos del tríceps, subescapular, cresta iliaca, abdominal, muslo anterior y pierna medial en mm, por la estatura del sujeto ajustada a la estatura phantom [$\sum(\text{tri}+\text{sub}+\text{ci}+\text{abd}+\text{ma}+\text{pm}) \cdot (170.18/h)$].

El índice de masa corporal (IMC) corresponde al peso en kg dividido por la estatura en metros al cuadrado (kg/m^2). De acuerdo al criterio de clasificación de la Organización Mundial de la Salud¹¹, se consideró como PA un $IMC < 25 \text{ kg}/\text{m}^2$ y como sobrepeso u OB un IMC igual o por encima de ese valor. También se consideró que la SP6P fuera mayor a 100 mm.

Estudios preliminares

Un muestreo inicial considerado para la obtención de parámetros bioquímicos basales se realizó bajo condiciones de ayuno nocturno de 8 a 12 h. Se extrajo una muestra de 5 ml de sangre venosa de la región antecubital del brazo, con sistema Vacutainer. Todas las muestras se centrifugaron a 2.500 rpm por 10 min para obtener el plasma donde se determinaron las concentraciones de glucosa por el método GOD-PAP, insulina por el método ELISA y TG por GPO-POD.

Análisis estadístico

Se aplicó la prueba de Shapiro Wilk para evaluar la normalidad. Los valores de glucosa y TG presentaron distribución normal, por lo que se expresaron como medias y desviaciones estándar y se compararon mediante una prueba t pareada. Mientras que la insulina mostró una distribución no normal y se expresó como mediana e intervalo intercuartílico, comparándose con la prueba de suma de rangos de Wilcoxon. La comparación entre grupos se hizo mediante pruebas t para muestras independientes y con la prueba de suma de rangos de Wilcoxon o Mann-Withney.

Resultados

Las características generales y bioquímicas de los grupos estudiados se presentan en la [tabla 1](#). La edad, el peso, el IMC y la SP6P son mayores en OB que en PA. También lo fueron todas las variables bioquímicas y por encima

Tabla 1 Comparación de las características generales y bioquímicas entre las mujeres con peso adecuado y sobrepeso u obesidad

	Grupo PA	Grupo OB	p
	(n = 10)	(n = 10)	
Edad (años)	19,8 ± 0,82	24,4 ± 5	0,019
Peso (kg)	50,8 ± 6,9	75,3 ± 10	< 0,005
IMC (kg/m ²)	19,5 ± 2,3	29,4 ± 3,7	< 0,005
SP6P (mm)	87,8 ± 27,4	168,3 ± 26,5	< 0,005
Glucosa (mmol/L)	5,2 ± 0,29	5,8 ± 0,35	0,003
Insulina (μUI/ml)	7,7 (6,3; 10,4)	15,2 (10,2; 24,8)	0,017
Triglicéridos (mg/dl)	66,9 ± 26,3	143,3 ± 56,3	0,006

IMC: índice de masa corporal; OB: obesidad; p: significación estadística; PA: peso adecuado; SP6P: sumatoria proporcional de 6 pliegues. Para la conversión de glucosa de mmol/L a mg/dl multiplicar mmol/L × 18. Solo la insulina se presenta en mediana e intervalo intercuartílico; el resto en media y desviación estándar.

Tabla 2 Modificaciones en la concentración de glucosa, insulina y triglicéridos por la administración de T1 y T2 en el grupo de sobrepeso u obesidad

	T1 (ejercicio tras consumo de HC-AIG)			T2 (ejercicio tras consumo de HC-BIG)		
	Antes	Después	p	aE _{+BIG}	dE _{+BIG}	p
Glucosa (mmol/L)	5,6 ± 0,26	5,6 ± 0,32	0,46	5,3 ± 0,23	5,5 ± 0,37	0,08
Insulina (μUI/ml)	17,4 (12,4; 24,8)	15,5 (11,9; 20,5)	0,06	17,3 (13,8; 23,7)	18,2 (11,6; 25,5)	0,33
Triglicéridos (mg/dl)	132,2 ± 41,5	136,7 ± 46,3	0,23	139,5 ± 66	150,8 ± 67,2	0,004

HC-AIG: hidratos de carbono de alto índice glucémico; HC-BIG: hidratos de carbono de bajo índice glucémico. Solo la insulina se presenta en mediana e intervalo intercuartílico; el resto en media y desviación estándar. En negrita, diferencia significativa.

de los puntos de corte considerados como normales (glucosa < 5,6 mmol/L o 100 mg/dl; insulina < 9 μUI/ml según el proveedor de kit para su determinación; TG < 150 mg/dl).

La [tabla 2](#) muestra las concentraciones de los parámetros bioquímicos antes y después de la administración del ejercicio con modificaciones en la dieta en el grupo OB. Se observó que las concentraciones de insulina tendieron a disminuir al finalizar T1, pasando de 17,4 (12,4; 24,8) μUI/ml a 15,5 (11,9; 20,5) μUI/ml (p = 0,059). No se observaron cambios en el resto de las variables ([tabla 2](#)). Por otra parte, la concentración de glucemia tiende a aumentar al término del esfuerzo físico, tras la ingesta de HC-BIG, pasando de 5,3 ± 0,23 mmol/L a 5,5 ± 0,37 mmol/L después (p = 0,081). También se detectó que, al finalizar T2, la concentración de TG se elevó respecto a la concentración previa: de 139,5 ± 66 mg/dl a 150,8 ± 67,2 mg/dl (p = 0,004) ([tabla 2](#)).

La [tabla 3](#) presenta los resultados en el grupo de PA. No se encontraron cambios estadísticamente significativos por los tratamientos administrados.

Discusión

La obesidad y el sedentarismo están íntimamente relacionados con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y metabólicas; tales condiciones pudieran ocurrir en OB, quienes, además de la poca actividad física manifestada, presentan elevados valores iniciales de glucosa e insulina¹²⁻¹⁴.

En 2017, la Asociación Americana de Diabetes¹⁵ consideró como un estado de prediabetes los valores de glucosa que, después de un ayuno de 8 h, resulten entre 5,6 y 6,9 mmol/L, lo que permite inferir que algunas de las

Tabla 3 Modificaciones en la concentración de glucosa, insulina y triglicéridos por la administración de T1 y T2 en el grupo de peso adecuado

	T1 (ejercicio tras consumo de HC-AIG)			T2 (ejercicio tras consumo de HC-BIG)		
	Antes	Después	p	aE _{+BIG}	dE _{+BIG}	p
Glucosa (mmol/L)	5,2 ± 0,30	5,2 ± 0,31	0,82	5,2 ± 0,30	5,3 ± 0,47	0,42
Insulina (μUI/ml)	5,1 (3,8; 9,3)	8 (4,4; 11)	0,44	7,9 (6; 12,3)	10 (6,5; 12,3)	0,72
Triglicéridos (mg/dl)	62,5 ± 17,6	66,1 ± 17,8	0,09	66,6 ± 14,6	65,2 ± 15	0,37

HC-AIG: hidratos de carbono de alto índice glucémico; HC-BIG: hidratos de carbono de bajo índice glucémico. Solo la insulina se presenta en mediana e intervalo intercuartílico; el resto en media y desviación estándar.

mujeres OB pueden ser clasificadas con un estado de prediabetes. Además de la elevación de la glucemia, otros factores que parecen regular los niveles de insulina sanguínea son, por un lado, el incremento y la forma del tejido adiposo, y por otro, la calidad y cantidad de la ingesta, lo que hace suponer que las participantes con mayor peso y grasa corporal presentarían niveles elevados de insulina sobre lo considerado normal, tal como se observó en OB en comparación con PA^{16,17}.

Aun cuando inicialmente en OB no se observaron elevados los TG plasmáticos, algunos autores indican que valores un poco más altos de 150 mg/dl en individuos obesos pueden ser considerados como un factor de riesgo para el diagnóstico de prediabetes^{13,18}; esto coincide con la Asociación Americana de Diabetes que reporta como un factor de riesgo de prediabetes o diabetes las concentraciones de este parámetro por arriba de 250 mg/dl, sobre todo en individuos asintomáticos. Las mujeres del grupo OB se encuentran justo en los límites considerados como normales, por lo que su condición de sobrepeso u obesidad y la hiperglucemia en ayuno elevada en muchas de ellas incrementa considerablemente el riesgo para presentar esa condición.

La cuantía y la rapidez en el aumento de la glucemia depende del tipo de HC y de su facilidad para ser digerido, tal es que la particularidad de los HC-AIG es incrementar de forma rápida los niveles de glucemia causando una elevación de la insulina, mientras que los HC-BIG lo hacen de manera lenta, condicionando a un mejor efecto sobre la saciedad y control del apetito^{19,20}.

Jamurtas et al.³ y Cocate et al.⁴ han establecido que consumir HC-AIG previos a un ejercicio físico inhibe la utilización de grasas como fuente de energía, lo que obliga al músculo a consumir HC como principal combustible. De ahí que los valores de glucosa después de T1 quedaron iguales en el grupo OB.

El hecho de que los niveles de glucemia disminuyeran respecto a sus niveles iniciales solo por el consumo de HC-BIG puede deberse a la naturaleza de estos alimentos de elevar lentamente la glucemia posprandial; sin embargo, hay que considerar la variabilidad biológica individual que se refiere a la hora en que se obtuvo la muestra, la cantidad de horas de ayuno, la composición previa de la dieta y el estrés. Los valores de este parámetro tendieron a incrementarse nuevamente al finalizar T2, y es probable que pueda deberse al aumento de la glucemia generado por las hormonas del ejercicio como el glucagón y la adrenalina que activan el proceso de la gluconeogénesis como respuesta natural al ejercicio físico^{21,22}.

La literatura indica una disminución en las concentraciones de insulina por realizar sesiones consecutivas entre 12 y 18 semanas de un programa de ejercicio aerobio más el consumo de HC-BIG, lo que puede indicar que esta combinación por una sola ocasión no es suficiente para reflejar cambios en los niveles de insulina^{5,23,24}.

Hernández-Torres et al.²² mencionan que los posibles aumentos en las concentraciones de TG tras la práctica de un ejercicio físico prolongado (90 min) pueden ser producto de una hemoconcentración. Sin embargo, no podemos asegurarlo pues no se determinó hematocrito, y además, 45 min de ejercicio físico no se considera prolongado.

El aumento de los niveles de TG plasmático al término del T2 pudiera estar relacionado con el consumo de HC-BIG,

que por su control en la elevación de la glucemia no fue suficiente para mantener las demandas energéticas durante el ejercicio físico, por lo que es probable que se active la lipasa sensible a hormonas y genere el desdoblamiento de TG para la utilización de ácidos grasos libres que ayuden a soportar la intensidad del esfuerzo físico²⁵. Este efecto no se presentó en T1, ya que la disponibilidad de glucosa al consumir HC-AIG funcionaría como el principal sustrato energético durante el esfuerzo físico.

El mantenimiento del PA se considera clave para la conservación de un óptimo estado de salud por lo que se espera que los mecanismos de secreción de insulina y sus receptores funcionen correctamente, ya que, independientemente de que las participantes consuman HC-AIG o HC-BIG, las concentraciones de los parámetros bioquímicos no se modifican respecto a sus valores iniciales²⁶. Esta circunstancia permite tener un mejor control sobre el peso corporal, ya que el proceso de lipogénesis se produce en mayor medida en el área intraabdominal y después en la subcutánea.

En conclusión, la inclusión de HC-BIG en la dieta diaria parece influir en el aumento de las concentraciones de los TG al término de un ejercicio de intensidad moderada, indicando que la liberación lenta de glucosa al torrente sanguíneo genera una mayor utilización de lípidos durante el ejercicio; esto significaría una vía efectiva hacia el control del peso corporal adecuado.

Autoría/colaboradores

Contribución individual de cada uno de los autores a la producción del artículo y la investigación.

Briseidy Ortiz-Rodríguez. Concepción de la idea, adquisición de datos, análisis e interpretación de los datos. Escritura del borrador del artículo. Aprobación definitiva de la versión que se presenta.

Lidia G. de León. Concepción de la idea y diseño del estudio, análisis e interpretación de los datos. Revisión crítica del contenido intelectual. Aprobación definitiva de la versión que se presenta.

Julián Esparza-Romero. Análisis e interpretación de los datos y revisión crítica del contenido intelectual importante. Aprobación definitiva de la versión que se presenta.

Claudia E. Carrasco-Legleu. Análisis e interpretación de los datos y revisión crítica del contenido intelectual. Aprobación definitiva de la versión que se presenta.

Ramón Candia-Luján. Análisis e interpretación de los datos y revisión crítica del contenido intelectual importante. Aprobación definitiva de la versión que se presenta.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Burgos C, Henríquez-Olguín C, Ramírez-Campillo R, Mahecha MS, Cerda-Köhler H. ¿Puede el ejercicio físico per se disminuir el peso corporal en sujetos con sobrepeso/obesidad? *Rev Med Chile*. 2017;145:765-74.
2. Bawden S, Stephenson M, Falcone Y, Lingaya M, Ciampi E, Hunter K, et al. Increased liver fat and glycogen stores

- after consumption of high versus low glycaemic index food: A randomized crossover study. *Diabetes Obes Metab.* 2017;19:70–7.
3. Jamurtas ZA, Tofas F, Fatouros I, Nilolaoidis GM, Paschalis V, Yfanti Ch, et al. The effect of low and high glycemic index foods on exercise performance and beta-endorphin responses. *J Int Soc Sports Nutr.* 2011;8:1300–4.
 4. Cocate GP, Pereira GL, Marins CBJ, Cecon RP, Bressan J, Alfenas CGR. Metabolic responses to high glycemic index and low glycemic index meals: A controlled crossover clinical trial. *Nutr J.* 2011;10:1.
 5. Henry CJ, Kaur B, Quek RYC, Camps SG. A low glycaemic index diet incorporating isomaltulose is associated with lower glycaemic response and variability, and promotes fat oxidation in Asians. *Nutrients.* 2017;9:473–86.
 6. Pérez LAB, Marván LL, Palacios GB. Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. Formato de nutrición y salud. 3.ª ed México, D.F: Ed. Ogali; 2008.
 7. Garber EC, Bilssmer B, Deschenes RM, Franklin AB, Lamonte JM, I-Min L, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011:1334–59.
 8. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Iwin WI, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sport Exerc.* 2000;32:S498–516.
 9. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Ridder H. International Standards for anthropometric assessment. Portsmouth, United Kingdom: ISAK; 2011.
 10. Ross WD, Kerr DA. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. *PublICE Standard.* 1993;1.
 11. World Health Organization (WHO). BMI Classification. The international classification of adult underweight, overweight and obesity according to BMI. Web page of WHO. 2004 [consultado 13 Oct 2013]. Disponible en: http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html
 12. Guerrero-Romero F, Simental-Mendia LU, González-Ortiz M, Martínez-Abundis E, Ramos-Zavala MG, Hernández-González SO, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitive. Comparison with the Euglycemic-Hyperinsulinemic clamp. *J Clin Endocrinol Metabol.* 2010;95:3347–51.
 13. Cabrera RE, Rodríguez CV, Rodríguez J, Cubas DI, Álvarez AA, Arnold DY, et al. Evaluation of three methodologies for risk prediction of impaired glucose metabolism in overweight and obese subjects. *Rev Cubana Endocrinol.* 2017;28:1–19.
 14. Milian AJG, García EDC. La obesidad como factor de riesgo, sus determinantes y tratamiento. *Rev Cubana Med Gen Integr.* 2016;35:1–18.
 15. American Diabetes Association. Position statement. Classification and diagnosis of diabetes. *Diabetes Care.* 2017;38 Suppl. 1:S8–16.
 16. De las Heras MRB. Role of white, brown and perivascular adipose tissues in the vascular complications associates to obesity. *An Real Acad Farm.* 2016;82(Special Issue):64–75.
 17. Sánchez MFJ. Obesity: A very serious public health problem. *An Real Acad Farm.* 2016;82(Special Issue):6–26.
 18. Rosas-Guzmán J, Calles J, Friege F, Lara-Esqueda A, Suverza A, Campuzano R. Consenso de prediabetes. Documento de posición de la Asociación Latinoamericana de Diabetes (ALAD). *ALAD.* 2009;XVII:146–56.
 19. Juanola-Falgarona M, Salas-Salvadó J, Ibarrola-Jurado N, Rabassa-Soler A, Díaz-López A, Guasch-Ferré M, et al. Effect of the glycemic index of the diet on weight loss, modulation of satiety, inflammation, and other metabolic risk factors: A randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2014;100:27–35.
 20. Basharat S, Gilani SA, Bashir S, Qamar MM. Effect of low dietary glycemic index on blood lipids profile among obese postpartum women. *Annals of KEMU.* 2017;23:162–8.
 21. Rivera CAE, Macías GJJ, Ochoa MPE, Castellanos GA. Respuesta de la glucosa sanguínea en el ejercicio físico máximo. *Rev Latinoam Patol Clin Med Lab.* 2016;63:79–81.
 22. Hernández-Torres RP, Ramos-Jiménez A, Gómez-Gómez E, Muñoz-Dawn MaJ, Torres-Durán VP, Macher D, et al. Modificaciones en los indicadores plasmáticos del metabolismo de lípidos y glucosa, en respuesta a dos tipos de ejercicio aerobio en población físicamente activa. *REB.* 2007;26:83–92.
 23. Pollak F. Resistencia a la insulina: verdades y controversia. *REV MED CLIN CONDES.* 2016;27:171–8.
 24. Fernández RR, Arranz CM, Ortega SJ, Hernández RJ. Insulin resistance and metabolic changes in obese adults. *Rev Cubana Endocrinol.* 2011;22:78–90.
 25. Lopes FR, Osiecki R, Rama LM. Marcadores bioquímicos durante y después de una competencia de triatlón olímpico. *PublICE Premium.* 2013 [encontrado 2 Nov 2017]. Disponible en: <https://g-se.com/marcadores-bioquimicos-durante-y-despues-de-una-competencia-de-triatlon-olimpico-1635-sa-W57cfb2723c63f>
 26. Ramírez AMM, Sánchez RCO. El factor de necrosis tumoral- α , la interleuquina-8 y la resistencia a la insulina en mujeres obesas. *Rev Venez Endocrinol Metab.* 2017;15:78–85.