

Respuesta de la glucemia frente a dos intensidades de ejercicio físico realizado en ayunas en mujeres jóvenes

Juan C. Sánchez-Delgado^{1,2}, Adriana Angarita-Fonseca^{3,4}, Clara L. Aguirre-Aguirre¹, Diana M. Aguirre-Rueda², Rubén D. Pulgarín-Araque², Sandra Pinzón-Romero⁵

¹Universidad de Santander, Facultad de Ciencias de la Salud, Grupo de Investigación Fisioterapia Integral, Bucaramanga, Colombia. ²Universidad Santo Tomas, Bucaramanga, Colombia. ³Universidad de Santander, Facultad de Ciencias de la Salud, Grupo de Investigación Fisioterapia Integral, Grupo de investigación en Manejo Clínico CliniUDES, Bucaramanga, Colombia. ⁴University of Saskatchewan, Saskatoon, Canadá. ⁵Universidad Autónoma de Manizales (UAM), Manizales, Colombia.

Recibido: 09.08.2017
Aceptado: 26.02.2018

Resumen

Introducción: La práctica de Ejercicio Físico (EF) en estado de ayuno ha sido controvertida; no obstante, algunas investigaciones evidencian mayor pérdida de grasa corporal y mejor control glucémico en quienes participan de entrenamiento aeróbico en estado de ayuno.

Objetivo: Evaluar la respuesta de la glucemia después de una sesión de ejercicio físico de intensidad moderada o vigorosa realizado en ayunas en mujeres jóvenes.

Materiales y métodos: Se realizó un ensayo clínico controlado aleatorizado. Veinticuatro mujeres (19 a 22 años) fueron asignadas de manera aleatoria a dos grupos de intervención. El primero fue sometido a una intensidad de ejercicio del 70% de la Frecuencia Cardíaca Máxima (FCM) durante 30 minutos y el segundo a una intensidad del 90% de la FCM durante 15 minutos. Se evaluaron la talla (cm), peso (Kg), índice de masa corporal (IMC), porcentaje de grasa y consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) mediante una prueba de esfuerzo. Los niveles de glucemia fueron determinados antes y después de la sesión de ejercicio de cada grupo.

Resultados: No se encontraron cambios significativos en los niveles de glucosa en sangre post ejercicio en ningún grupo experimental, y las diferencias existentes no fueron estadísticamente significativas.

Conclusión: El ejercicio físico moderado o vigoroso en estado de ayuno no mostró variaciones significativas en la glucemia posterior a su ejecución, lo que sugiere seguridad en el desarrollo del entrenamiento en ayuno en mujeres jóvenes saludables.

Palabras clave:
Ejercicio. Glucemia.
Rendimiento atlético.
Composición corporal.

Blood glucose response to two intensities of physical exercise in young women during fasting

Summary

Introduction: Physical exercise in the fasting state has been a controversial topic; however, some studies have shown a greater loss of body fat and better glycemic control in those who participate in aerobic training when fasting.

Aim: To evaluate the glycemic response after a session of moderate or vigorous physical exercise in young women in the state of fasting.

Material and method: A randomized clinical trial was carried out. Twenty-six women (19 to 22 years old) were randomly assigned to two intervention groups. The first group was trained at an intensity of 70% of maximum heart rate (MHR) for 30 minutes, and the second group at an intensity of 90% MHR for 15 minutes. Height (cm), weight (Kg), body mass index (BMI), fat percentage, and maximum oxygen consumption (VO_{2max}) during a stress test were evaluated. Blood glucose levels were checked before and after the exercise session of each group.

Results: No significant changes were found in post-exercise blood glucose levels in any experimental group, and the existing differences were not statistically significant.

Conclusions: Moderate or vigorous physical exercise during fasting did not show significant variations in blood glucose, which suggests that it is safe for healthy young women to train when fasting.

Key words:
Exercise. Blood glucose.
Athletic performance. Body
composition.

Correspondencia: Juan Carlos Sánchez-Delgado
E-mail: juancarlossanchezd@gmail.com

Introducción

Las recomendaciones que emiten las organizaciones especializadas en actividad física (AF), promulgan sus beneficios en la salud, tal como lo mencionan Cenarruzabeitia¹ et al (2003); Cadore² et al (2005); Bayego³ et al (2012). Entre las más destacadas está el control de los niveles de glucosa en sangre, gracias al aumento de la sensibilidad a la insulina y de los receptores no insulino-dependientes, lo que finalmente disminuye el riesgo de presentar a futuro enfermedades crónicas de tipo metabólico^{4,5}; sin embargo, no todos reconocen estos beneficios^{6,7}.

Específicamente, el ejercicio físico (EF) desarrollado en las mañanas se encuentra entre las rutinas más utilizadas por la población en general; conlleva beneficios adicionales como una mayor pérdida de grasa corporal, cuando se realiza antes de consumir algún alimento. Entre las razones fisiológicas de este fenómeno se mencionan los bajos niveles de insulina y elevados niveles de epinefrina plasmática presentes durante el ejercicio, lo cual se asocia con aumento de la lipólisis y oxidación de la grasa periférica⁸⁻⁹.

Van Proeyen⁸ et al (2010), refieren que el entrenamiento en estado de ayuno mejora la capacidad oxidativa del músculo y aumenta el uso de combustible lipídico durante actividades aeróbicas, sin alterar la oxidación de los carbohidratos (CHO), previniendo la hipoglucemia. No obstante, es importante resaltar la necesidad de ingerir alimentos la noche anterior para garantizar una reserva adecuada de glucosa al iniciar la sesión de entrenamiento. Otro de los beneficios reportados en la literatura revisada, es el referido por Stannard⁹ et al (2010), los cuales concluyen que no solo hacer ejercicio con regularidad disminuye el riesgo de resistencia a la insulina, también hacerlo con el estómago vacío.

Al realizar EF sin una reserva de glucógeno completa a causa del ayuno, los valores glucémicos pueden ser equilibrados por la gluconeólisis hepática o gluconeogénesis de acuerdo con la intensidad y duración de la actividad física⁸⁻¹². El aporte energético del carbohidrato durante intensidades bajas de esfuerzo (30% VO_{2max}) es alrededor del 10% al 15% y aumenta su utilización de tres a cuatro veces cuando se realizan actividades máximas o supramáximas, donde el mayor aporte energético es derivado del fosfágeno, glucosa sanguínea y glucógeno muscular¹³.

El porcentaje de energía aportado por la glucosa sanguínea a intensidades del 25%, 65%, 85% VO_{2max} está alrededor del 10% y su variación post ejercicio al parecer no es significativa después de realizar actividades a intensidades entre el 45% y 65% VO_{2max} con una duración ≤ 120 min¹³⁻¹⁵.

Finalmente, esta investigación tiene como objetivo analizar la respuesta de la glucemia frente a un EF realizado en estado de ayuno, teniendo en cuenta las recomendaciones del tipo de ejercicio, así como de las intensidades "moderadas o vigorosas" emitidas por la OMS, el Colegio Americano de Medicina Deportiva, la Asociación Americana del Corazón y la Asociación Británica del Deporte y las Ciencias del Ejercicio para la población adulta joven¹⁶⁻¹⁷.

Material y método

Se realizó un ensayo clínico controlado aleatorizado, con dos grupos de intervención en paralelo. Se utilizó una razón de asignación 1:1.

Participantes

La población estuvo conformada por estudiantes del programa de fisioterapia de la Universidad de Santander, mujeres, mayores de edad y residentes en el área metropolitana de Bucaramanga, que aceptaron participar del estudio voluntariamente, previa lectura del consentimiento informado. Los criterios de inclusión fueron la participación voluntaria, ser mayor de edad, no presentar ninguna contraindicación relativa o absoluta para realizar EF, para lo cual se usó como ayuda el cuestionario de auto diligenciamiento para población entre los 15-69 años, *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PARQ&YOU), de la Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio¹⁸. Se excluyeron aquellas participantes que presentaron dolor de origen osteoarticular durante la sesión de ejercicio (n=1), disconfort torácico (n=1), gastroenteritis (n=1) y por haber desayunado (n=1) (Figura 1).

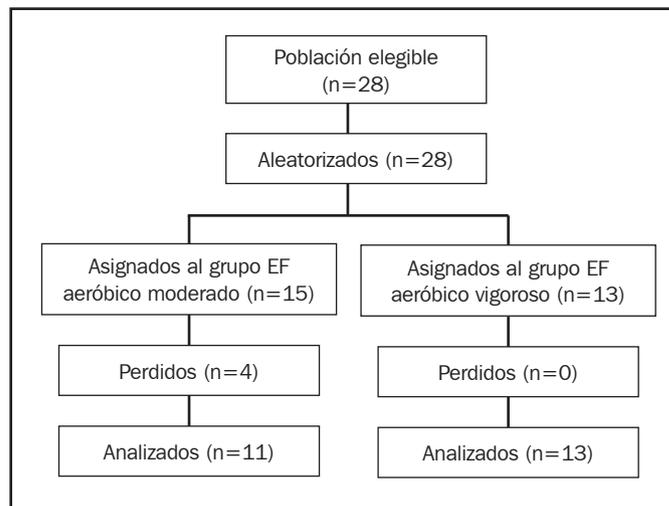
La población elegible fue de 24 mujeres, quienes fueron distribuidas en dos grupos mediante aleatorización simple empleando el software Epiinfo 6.04d. El programa asignó 15 mujeres al grupo de EF aeróbico moderado (G0) y 13 al grupo EF vigoroso (G1). No se realizó enmascaramiento alguno.

Procedimiento

El estudio se dividió en tres fases:

- En la primera semana se socializaron los objetivos del estudio, se solicitó la participación voluntaria y firma del consentimiento informado de cada uno de los participantes.
- En la segunda semana se realizó la valoración antropométrica y de la capacidad física aeróbica a través del test de "yo-yo"¹⁹.
- En la tercera semana se realizó la asignación aleatoria de los grupos de intervención: (G0) y (G1); se desarrolló la intervención, con la toma de la glucemia antes y después del EF. Por otra parte, es importante precisar que no hubo control de la dieta en la noche y semana anterior a la intervención.

Figura 1. Diagrama de flujo, recolección de datos.



Fuente: los autores.

Intervenciones

Se realizó una sola sesión de ejercicio físico de carrera continua a las 6:30 am en las 24 participantes. El (G0) incluyó 5 minutos de calentamiento, 30 minutos de ejercicio al 70% de la Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCR) según Karvonen²⁰, controlada por monitores de frecuencia cardíaca (Polar, Sounto, Omrom) y 5 minutos de recuperación; el G1 desarrolló el mismo proceso con una intensidad de ejercicio al 90% de la FCR según Karvonen durante 15 minutos.

Mediciones

Medición antropométrica

Para la medición de talla, se usó un tallímetro estándar con una graduación en centímetros (cm) y milímetros (mm), y se leyó con una precisión de 0.1 cm, también se registró el peso corporal con báscula digital con una precisión de 100 gramos, para finalmente calcular el índice de masa corporal (IMC). Adicionalmente, se tomaron 6 pliegues cutáneos (Tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior, pantorrilla) utilizando plicómetro Harpenden, con precisión de escala de 0,2 mm, con el fin de determinar el porcentaje de grasa corporal utilizando la ecuación de Yuhasz²¹. Todas las mediciones fueron realizadas siguiendo las normas ISAK.

Cuantificación de la glucemia

Se registraron 2 muestras de glucemia pre y post-ejercicio a nivel del pulpejo del dedo índice con monitor de glucosa en sangre FastCheck® (Laboratorios DAJ, Colombia). Este dispositivo no requiere calibración por códigos ni chips electrónicos.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se digitaron en Excel, la base de datos obtenida se exportó a Stata 13,0 para su posterior análisis. Para las medidas en escala numérica se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión según la distribución de las variables y para las medidas en escala nominal se calcularon frecuencias absolutas y relativas. La diferencia entre mediciones se comparó entre grupos mediante la prueba *t* de Student para datos independientes; mientras que la comparación intragrupos del cambio de la glucemia antes y después de la intervención se realizó mediante una prueba *t* de Student para datos pareados. Se consideró un nivel alpha del 5% para todo el análisis.

Consideraciones éticas

Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Este estudio fue aprobado por el comité de investigaciones del Programa de Fisioterapia de la Universidad de Santander. Se respetaron los principios éticos de confidencialidad, beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Resultados

De acuerdo con la Tabla 1, la mediana de edad de quienes realizaron EF moderado fue 20 años, y de quienes realizaron EF aeróbico vigoroso fue 21 años. El promedio del IMC fue de 23,4 (kg/m²), el de % de grasa 27,5%, el VO_{2max} 35,4 ml.kg min, glucemia pre 89,1 mg/dl y glucemia post EF 93,1 mg/dl.

Al comparar los cambios en los niveles de glucemia pre y post ejercicio en los dos grupos "EF aeróbico moderado y EF aeróbico vigoroso" no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la glucemia inicial (p=0,701), glucemia final (p=0,611) ni en las diferencias entre la glucemia inicial y final (p=0,673). Por otro lado, en la comparación intragrupo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas antes y después de la intervención en el grupo EF Moderado (p=0,177) ni el grupo EF Vigoroso (p=0,416) (Tabla 2).

Discusión

En el presente estudio, el tipo y las intensidades del EF fueron planteados de acuerdo con las recomendaciones emitidas por instituciones especializadas en las ciencias del ejercicio para este tipo de población¹⁶⁻¹⁷. Los resultados muestran que el EF realizado con intensi-

Tabla 1. Evaluación basal de la población de estudio, según grupo de intervención.

Variable	EF moderado (n=11)	EF vigoroso (n=13)	Global (n=24)
Edad (RIC)	20 (19-21)	21 (19-21)	20 (19-21)
Talla (mts)	1,61 ± 0,1	1,58 ± 0,1	1,59 ± 0,06
Peso (Kg)	62 ± 11,8	58,3 ± 4,5	59,8 ± 8,6
IMC (kg/m ²)	23,6 ± 3,8	23,2 ± 2,8	23,4 ± 3,2
% Grasa	28 ± 7,9	27,2 ± 5,1	27,5 ± 6,4
VO _{2max}	35,4 ± 3,9	35,5 ± 3,1	35,4 ± 3,5
GluPreEF	88,4 ± 5,8	89,6 ± 9,1	89,1 ± 7,6
GluPostEF	95,2 ± 13,3	93 ± 10	93,1 ± 11,6

RIC: Rango Inter cuartilico. IMC: Índice de Masa Corporal. GluPreEF:Glucemia pre-ejercicio. GluPostEF: Glucemia post-ejercicio.

Tabla 2. Glucemia antes y después de la intervención en la población de estudio, según grupo de estudio.

Variable	EF moderado n=11	EF vigoroso n=15	Valor p
Glucemia inicial (mg/dL)	88,4 ± 5,8	89,6 ± 9,1	0,701*
Glucemia final (mg/dL)	95,2 ± 13,3	93 ± 10	0,611*
Diferencia glucemia inicial-final(mg/dL)	6,8 ± 15,5	3 ± 13,1	0,673*
Valor p (comparación evaluación inicial y final)	0,177**	0,416**	

*Prueba t-test para muestras independientes. **Prueba t-test para datos pareados. Fuente los autores.

dad moderada o vigorosa en condiciones de ayuno, no genera cambios en los niveles de glucemia inmediatamente después del EF, lo cual es coherente con la mayoría de los estudios revisados²¹⁻²⁵.

Una de las razones de la poca variación de la glucemia post ejercicio en los dos grupos experimentales (G0= 6,8±15,5; G1=3±13,1), se argumenta por la compensación producida por la glucogenólisis y gluconeogénesis hepáticas, que pueden ser promovidas por el ayuno, el cual causa aumentos en la liberación de glicerol considerado un precursor valioso para el desarrollo de estos procesos²⁶⁻²⁸.

Ferreira A¹⁴ et al (2016) y Van Proeyen²⁹ et al (2013), refieren que una de las posibles razones por las cuales la glucemia no disminuyó, es que el EF realizado en ayunas, estimula la producción de energía a través de la oxidación de las grasas, lo que conlleva a que las personas que realizan entrenamiento en esta condición disminuyan en mayor proporción su grasa corporal, sin afectar significativamente la concentración de glucosa en sangre; no obstante, es importante resaltar que cuando los lípidos ganan protagonismo en la producción de energía el rendimiento físico tiende a disminuir³⁰.

Otra de las posibles razones de la no variación de la glucemia inmediatamente después del ejercicio realizado en estado de ayuno, es el bajo consumo de glucosa que tienen en este momento todos los tejidos corporales, exceptuando el músculo e hígado¹². También es importante resaltar, que si bien el ejercicio puede aumentar la sensibilidad de insulina y transporte de glucosa hacia el músculo, este efecto puede ser atenuado por las respuestas lipolíticas ya comentadas, así como las hormonales anti-hipoglucemiantes promovidas por el estado de ayuno, que se caracterizan por incremento de catecolaminas, cortisol, hormona del crecimiento y glucagón, el cuál controla el 70% de la producción de glucosa durante el ejercicio estimulando la gluconeogénesis, proceso que se hace más importante cuando las reservas de glucógeno se agotan a causa del ejercicio prolongado o estados de inanición^{26,31,32}.

Es importante considerar que la mayoría de los estudios publicados sobre el tema, utilizan ejercicios de intensidades no mayores del 70% VO_{2max} con duración inferior a 120 minutos, por lo que los resultados aquí expuestos no deben extrapolarse como efectos a largo plazo, donde la probabilidad de hipoglucemia puede aumentar²⁶.

A pesar de los resultados del presente estudio y la evidencia respecto el efecto acelerado de la oxidación de las grasas cuando se realiza EF en estado de ayuno, es necesario aclarar, que estos efectos han sido observados en personas entrenadas y/o saludables, por lo que se sugieren realizar con precaución este tipo de entrenamiento en personas sedentarias^{21,22,26,29}.

Conclusión

La no existencia de cambios en la glucemia después la realización de una sesión ejercicio físico a intensidad moderada durante 30 minutos o vigorosa de 15 minutos, sugiere seguridad en el desarrollo de una sesión de entrenamiento de este tipo en mujeres jóvenes sanas.

Limitaciones

El método de análisis utilizado para evaluar la concentración de glucosa puede ser considerado una limitación en nuestro estudio,

ya que el glucómetro puede poseer un margen de error entre 10%-15%, no obstante su uso es comprensible al tratarse de un trabajo de campo; lo anterior, a pesar de que la mayoría de los estudios revisados evalúan esta variable utilizando muestras de sangre venosa o arterial. Finalmente, otras de las limitaciones observadas fueron el tamaño de muestra utilizado y el no control de la dieta la noche o semana anterior; por lo cual se plantea que para futuros análisis se incluya una muestra representativa, el control de las variables dietarias y la evaluación de los cambios de la glucemia a largo plazo con el objetivo de confirmar los beneficios o consecuencias sobre la salud de este tipo de práctica desarrollada de forma prolongada en el tiempo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Salud y al programa de Fisioterapia de la Universidad de Santander UDES, por su apoyo y acompañamiento en la realización de la presente investigación.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

1. Cenarruzabeitia J, Hernández M. Beneficios de la actividad física y riesgos del sedentarismo. *Med Clin (Barc)*. 1998;121:665-72.
2. Cadore L, Arias B, Martins K. Effects of the physical activity on the bone mineral density and bone remodeling. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11:338-44.
3. Bayego S. Prescripción de Ejercicio Físico: indicaciones, posología y efectos adversos. *Med Clin (Barc)*. 2012;138:18-24.
4. Jeppesen J, Hansen TW, Rasmussen S, Ibsen H, Torp-Pedersen C, Madsbad S. Insulin resistance, the metabolic syndrome, and risk of incident disease cardiovascular: a population-based study. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(21):2112-9.
5. Rutter MK, Meigs JB, Sullivan LM, D'Agostino RB, Wilson PW. Insulin Resistance, the metabolic syndrome and incident cardiovascular events in the Framingham Offspring Study. *Diabetes*. 2005;54(11):3252-7.
6. Coker RH, Hays NP, Williams RH, Brown AD, Freeling SA, Kortebein PM, et al. Exercise-induced changes in insulin action and metabolism in elderly adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(3):433-8.
7. O'Donovan G, Kearny EM, Nevill AM, Woolf-May K, Bird SR. The effects of 24 weeks of moderate-or high intensity exercise on insulin resistance. *Eur J Appl Physiol*. 2005;91(5):522-8.
8. Van Proeyen K, Szulcick K, Nielens H, Ramaekers M, Hespel P. Beneficial metabolic adaptations due to endurance exercise training in the fasted state. *J Physiol*. 2010;110(1):236-45.
9. Stannard SR, Buckley AJ, Edge JA, Thompson MW. Adaptations to skeletal muscle with endurance exercise training in the acutely fed versus overnight-fasted state. *J Sci Med Sport*. 2010;13(4):465-9.
10. Barbary JR. *Fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento*. 2º ed. Badalona Editorial Paidotribo. 2010. p. 61-5.
11. Ramírez R. Utilización de Carbohidratos durante el Esfuerzo Físico. G-SE Publice Standard. (Revista electrónica) 2007 (consultado 1005/2014). Disponible en: <http://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/utilizacion-de-carbohidratos-durante-el-esfuerzo-fisico-873>
12. Cahill GF Jr. Fuel metabolism in starvation. *Annu Rev Nutr*. 2006; 26: 1-22.
13. Jensen TE, Richter EA. Regulation of glucose and glycogen metabolism during and after exercise. *J Physiol*. 2012;590(5):1069-76.
14. Vieira AF, Costa RR, Macedo RC, Coconcelli L, Krue L. Effects of aerobic exercise performed in fasted v. fed state on fat and carbohydrate metabolism in adults: a systematic review and meta-analysis. *Br J Nutr*. 2016;116:1153-64.
15. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci*. 2011;29:517-27.

16. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA *et al.* Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Aug;39(8):1423-34.
17. O'Donovan G, Blazevich AJ, Boreham C, Cooper AR, Crank H, Ekelund U, *et al.* The ABC of Physical Activity for Health: A consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. *J Sports Sci.* 2010;28(6):523-91.
18. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can J Spt Sci.* 1992;17(4):338-45.
19. Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, *et al.* The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(4):697-705.
20. Karvonen J, Vuorima T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sport Med.* 1988;5(5):303-11.
21. Trabelsi K, Stannard SR, Ghilisi Z, Maughan RJ, Kallel C, Jamoussi K, *et al.* Effect of fed-versus fasted state resistance training during Ramadan on body composition and selected metabolic parameters in bodybuilders. *Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):23.
22. De Bock K, Derave W, Eijnde BO, Hesselink MK, Koninckx E, Rose AJ, *et al.* Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *J Appl Physiol.* 2008;104(4):1045-55.
23. Guéye L, Second, Samba, *et al.* Physiological adaptations to exercise during a short-term fasting. *Scr Med (Brno).* 2003;(76):291-6.
24. Dohm GL, Beeker RT, Israel RG, *et al.* Metabolic responses to exercise after fasting. *J Appl Physiol.* 1986;(61):1363-8.
25. Aziz AR, Wahid MF, Png W, Jesuvadian CV. Effects of Ramadan fasting on 60 min of endurance running performance in moderately trained men. *Br J Sports Med.* 2010 Jun;44(7):516-21.
26. Brun JF, Dumortier M, Fedou C, Mercier J. Exercise Hypoglycemia in Nondiabetic subjects. *Diabetes Metab.* 2001;27:92-106.
27. Maughan RJ, Fallah J, Coyle EF. The effects of fasting on metabolism and performance. *Br J Sports Med.* 2010;44(7):490-4.
28. Adams OP. The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2013;6:113-22.
29. Van Proeyen K, Szlufcik K, Nielens H, Pelgrim K, Deldicque L, Hesselink M, *et al.* Training in the fasted state improves glucose tolerance during fat-rich diet. *J Physiol.* 2013;588(21):4289-302.
30. Holloszy JO, Kohrt WM. Regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. *Annu Rev Nutr.* 1996;16:121-38.
31. Jensen TE, Richter EA. Regulation of glucose and glycogen metabolism during and after exercise. *J Physiol.* 2012;590(5):1069-76.
32. Wasserman DH. Four grams of glucose. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2009;296(1):E11-E21.