

Consenso corazón y diabetes: Ejercicios físicos en pacientes diabéticos con enfermedades cardiovasculares

Heart and diabetes consensus: Physical exercise in diabetic patients with cardiovascular diseases

Eduardo Rivas-Estany^I, José D. Barrera Sarduy^I, Rolando Rogés Machado^{II}, Maricela Nuez Vilar^{II}, Juan A. Alvarez-Gómez^I y Francisco Fernández Valdés^{II}

^I Departamento de Rehabilitación Cardiovascular. Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, La Habana, Cuba.

^{II} Hospital Hermanos Ameijeiras. La Habana, Cuba.

RESUMEN

Las enfermedades cardiovasculares representan la primera causa de muerte en el mundo, algunas son prevenibles mediante el control de los factores de riesgo, no obstante la prevalencia de la obesidad y la diabetes están en aumento en muchos países. La conducta actual para el control de la diabetes incluye tratamiento medicamentoso, nutricional, ejercicios físicos sistemáticos y educación del paciente. El ejercicio físico ha demostrado ser beneficioso para el individuo diabético, particularmente para el tipo 2, con elevada frecuencia portador de cardiopatía isquémica, pues puede proporcionar respuestas metabólicas y endocrinas favorables. La reducción de la insulina-resistencia es uno de los efectos más importantes de los ejercicios, por sus efectos directos sobre el metabolismo de la glucosa, la insulina y el propio metabolismo muscular. Por tanto debe ser incluido en la estrategia ideal de tratamiento del diabético para prevenir y reducir la hiperglucemia aguda y crónica, evitando así sus complicaciones a largo plazo. El ejercicio físico en diabéticos con enfermedades cardiovasculares debe ser realizado de forma individualizada y con cuidados especiales, después de una adecuada evaluación ergométrica; tiene similares efectos que en individuos no diabéticos.

Palabras claves: Cardiopatía isquémica, diabetes mellitus, rehabilitación cardíaca, ejercicio físico.

ABSTRACT

Cardiovascular diseases are the leading cause of death in the world, some are preventable through the control of risk factors, but the prevalence of obesity and diabetes are increasing in many countries. The current behavior for the control of diabetes includes nutritional and drug treatment, systematic physical exercises and patient education. Physical exercise has proven to be beneficial for diabetic patients, particularly for type 2, suffering for ischemic heart disease with high frequency, because it can provide favorable metabolic and endocrine responses. The reduction of the insulin-resistance is one of the most important effects of the exercises by its direct effect on the metabolism of glucose, insulin and own muscle metabolism. It should therefore be included in the ideal strategy for treatment of diabetic people to prevent and reduce hyperglycemia in acute and chronic form, avoiding their long-term complications. Exercise in diabetics with heart disease should be carried out individually and with special care, after proper ergometric assessment; it has similar effects than in non-diabetic individuals.

Key words: Ischemic heart disease, diabetes mellitus, cardiac rehabilitation, physical exercise.

Correspondencia: Eduardo Rivas-Estany. Departamento de Rehabilitación Cardiovascular, Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, Calle 17 # 702, Plaza de la Revolución, CP:10400. La Habana, Cuba. Correo electrónico: erivas@infomed.sld.cu

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la principal causa de muerte en el mundo; de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, estas enfermedades son responsables en la actualidad de 17,5 millones de muerte anuales aproximadamente, representando un 30% de la mortalidad global.^{1,2} Aunque las enfermedades cardiovasculares son potencialmente letales, al-

gunas son razonablemente prevenibles y tratables mediante el control de los factores de riesgo con dieta, ejercicios, cesación del tabaquismo, el empleo de drogas cardioprotectoras, etc.³ A pesar de esto, la prevalencia de dos importantes factores de riesgo, la obesidad y la diabetes, están aumentado marcadamente tanto en los países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo.⁴

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad con graves alteraciones endocrinas que varían de

acuerdo al tipo de diabetes. Básicamente, el diabético tipo I (DM1), suma un 5 % del total de casos y presenta deficiencia en la producción pancreática de insulina, lo cual lo convierte en dependiente de insulina exógena. El diabético tipo II (DM2), que representa el 95 % de los casos, presenta principalmente resistencia periférica a la acción de la insulina, convirtiéndolo inicialmente en hiperinsulinémico y no insulino dependiente, y posteriormente hipoinsulinémico y dependiente de insulina exógena.⁵

Actualmente la conducta prescrita para las personas diabéticas tiene como objetivo fundamental corregir los niveles de glucosa en la sangre, procurando alcanzar niveles plasmáticos lo más próximo posible al normal, lo cual mejora notablemente la calidad de vida de estos pacientes y reduce las complicaciones asociadas a esta enfermedad. Todo esto es posible mediante un equilibrio entre tratamiento medicamentoso, nutricional y un programa regular de ejercicios físicos (EF), así como una adecuada educación del paciente en relación con su enfermedad.⁵

El EF ha demostrado ser beneficioso para el individuo diabético pues algunos factores relacionados con el estado insulinémico y glucémico pueden variar favorablemente mediante la modificación de respuestas metabólicas y endocrinas agudas y crónicas. Por tanto el EF debe ser incluido en la estrategia ideal de tratamiento del diabético, es decir, en la prevención y reducción tanto de la hiperglicemia crónica, como de la aguda, amparados en el concepto de que un mejor control de la glucemia desempeña un papel clave en la reducción de las complicaciones a largo plazo del diabético. Así, se ha ido cambiando el criterio inicial de la prescripción de EF en individuos diabéticos de un factor "deseable", en un elemento indispensable en el control de la enfermedad y en la prevención de sus complicaciones cardiovasculares, importante causa de muerte en particular en paciente con DM2, en los cuales con comita una elevada frecuencia de factores de riesgo coronario como son la obesidad, insulino-resistencia, hipertensión arterial y dislipoproteinemias. Por tal motivo el enfoque terapéutico actual del paciente con DM2 incluye como elemento terapéutico básico al EF, junto al tratamiento hipoglucemiante y nutricional.⁶

MECANISMOS METABÓLICOS REGULATORIOS DURANTE EL EJERCICIO FÍSICO

Durante la práctica de EF, en las personas no diabéticas, incluyendo los ancianos y los obesos, el control metabólico se encuentra bien regulado, a pesar de los cambios en los combustibles energéticos o metabólicos, que incluyen la glu-

cosa y los ácidos grasos no esterificados.⁷ En diabéticos insulino-dependientes los mecanismos compensatorios están fuera de control como consecuencia de niveles plasmáticos de insulina no fisiológicos.

En los individuos no diabéticos el incremento en la utilización de glucosa durante la actividad física se equilibra con la producción hepática de glucosa. Los niveles bajos de glucosa e insulina inducidos por el EF, así como el incremento en los niveles de epinefrina, cortisol y hormona del crecimiento, favorecen las vías metabólicas para la gluconeogénesis y la glucógenolisis. En un diabético bien controlado el EF induce los mismos cambios que se producen en un individuo no diabético.⁸

Cuando los niveles de insulina son o bien muy altos o muy bajos, se trastorna la estabilidad de la diabetes por hipoglucemia o cetosis respectivamente, debido a la práctica del EF, sobre todo cuando éstos se realizan con moderada o elevada intensidad.

El EF ha demostrado reducir o enlentecer la progresión de la aterosclerosis en individuos con o sin diabetes o síndrome metabólico.^{9, 10} Algunos factores que intervienen en este proceso son:

- Mejoría de la función endotelial. (atribuida al aumento en la síntesis y actividad del óxido nítrico).
- Disminución de la proteína C reactiva y otros marcadores inflamatorios.
- Reducción del peso corporal y adiposidad.
- Disminución de la concentración sérica de triglicéridos y aumento de colesterol HDL.
- Mejoría en la sensibilidad a la insulina.
- Disminución de la presión arterial sistémica.
- Modificación favorable de todos los componentes del síndrome metabólico.

Son manifiestos los efectos del EF sobre el control de la glucemia y la reducción del perfil glucémico, así como la disminución de la masa y grasa corporal; también el incremento de las reservas musculares de glucógeno y la mejoría del índice grosor íntima-media vascular, más evidente en las arterias carótidas.¹¹⁻¹³

La reducción de la insulina-resistencia es uno de los efectos más favorables de los programas de EF, lo que se genera a través de los efectos directos del ejercicio sobre el metabolismo de la glucosa, la insulina y el propio metabolismo muscular;¹⁴⁻¹⁷ también mediante la reducción de la grasa visceral y de su potente capacidad oxidativa e inflamatoria.¹⁸⁻²¹

El desorden lipídico pro-aterogénico presente en la DM y en el síndrome metabólico puede revertirse con el entrenamiento físico aeróbico,

también con el ejercicio de resistencia,^{22,23} así se relacionan cambios favorables en las LDL y HDL con la reducción de la grasa visceral e intermuscular.²⁴

Los beneficios del entrenamiento físico dinámico, también conocido como aeróbico, para reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, incluyendo diabetes y obesidad, han sido bien documentados en las últimas décadas. Sin embargo la efectividad del entrenamiento de resistencia o isométrico en reducir los factores de riesgo cardiovascular, permanecen aún menos comprobados.²²

No obstante, la *American Heart Association* y el *American College of Sports Medicine* actualmente recomiendan el EF de resistencia como parte de un programa integral de ejercicios físicos diseñado para la prevención de enfermedades cardiovasculares en individuos de alto riesgo y en la rehabilitación de aquellos con enfermedad cardíaca establecida.^{25,26} Así estos ejercicios incrementan la sensibilidad a la insulina y mejoran la tolerancia a la glucosa según se ha comprobado en diversos estudios.^{22,27}

RECOMENDACIONES PARA LA PRÁCTICA DE EJERCICIOS FÍSICOS EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS

El *American College of Sports Medicine*²⁸ recomienda que con niveles de glucosa sérica que oscilen entre 11,1 y 22,2 mmol/l (200-400 mg/dl), la ejecución de EF debe realizarse bajo supervisión médica o de un especialista en ejercicios debidamente adiestrado. Con niveles superiores a éstos o con la presencia de cetonuria no se debe realizar actividad física, para prevenir cuadros de hipoglucemia, que es la complicación más frecuente en individuos diabéticos que practican ejercicios. No obstante en el Primer Consenso Cubano sobre Corazón y Diabetes realizado en La Habana en noviembre de 2009 se recomendó no prescribir EF en diabéticos con cifras de glucemia superiores a 16,6 mmol/l (300 mg/dl).

Se recomienda también²⁸ que el día que se realiza la sesión de EF la inyección de insulina no debe ser administrada en el miembro que será ejercitado, para prevenir la aceleración en la absorción de ésta; otros autores²⁹ sugieren que el lugar de la inyección no sea modificado, pero sí que el ejercicio sea realizado aproximadamente 60 ó 90 minutos después de la administración de insulina regular o algunas horas después de la inyección de insulina de acción lenta.

Para disminuir el riesgo de hipoglucemia durante el ejercicio, el *American College of Sports Medicine*,²⁸ recomienda la reducción de una o

dos unidades de insulina, según prescripción médica. Otros autores, como Kemmer y Berger²⁹ recomiendan que para la práctica de EF prolongados, con una duración de dos a tres horas, sea totalmente suprimida la dosis previa de insulina regular y que sea disminuida en un 80% la dosis de insulina de largo plazo. En los pacientes diabéticos insulino-dependientes debe realizarse monitoreo de la glucemia antes y después del ejercicio, principalmente en el principio del programa cuando aun no está identificada la respuesta al ejercicio del paciente en cuestión.

Por otro lado, se recomienda también³⁰ un aumento en la ingestión de carbohidratos de 10 a 15g por cada 30 minutos de ejercicios de intensidad leve a moderado, así como la ingestión de bebidas deportivas con polímeros de glucosa, una vez terminado el ejercicio, todo lo cual reduce la incidencia de hipoglucemia. La ingestión de carbohidratos en diabéticos debe realizarse antes, durante y después del EF.

No se recomienda que el paciente diabético realice ejercicios solo, sin supervisores o acompañantes, aun conociendo los signos o síntomas de la hipo e hiperglucemia y sabiendo cómo proceder en estas circunstancias; de hecho los riesgos de hipoglucemia disminuyen cuando el paciente diabético aprende a monitorear su glicemia después del período de EF y a tomar las medidas preventivas más apropiadas para su organismo.

Algunos cuidados especiales deben ser tomados en individuos diabéticos que presentan neuropatía, a quienes se les deben realizar oportunas correcciones de la postura durante los ejercicios, así como que deben utilizar calzados adecuados y mantener una correcta higiene y cuidado de los pies. No deben realizar ejercicios en ambientes muy cálidos y húmedos, y deben prevenir cambios rápidos de la posición del cuerpo; aquéllos con retinopatías demostradas deben evitar las actividades que suben marcadamente la presión arterial, tales como levantar mucho peso, por ejemplo la halterofilia, también ejercicios que impliquen marcados movimientos de la cabeza.²⁸

El empleo de la hemoglobina glicosilada 1Ac (HbA1c), como marcador del control de la glucemia en un rango de tiempo, parece confiable para evaluar la efectividad de los EF en pacientes diabéticos.⁹ Así, el trabajo de Sigal y colaboradores³¹ parece definitivo en este sentido: se trata de un estudio controlado, randomizado, ejecutado en 251 pacientes con DM2 en el cual se demostró una mejoría que varió entre -0,38 a -0,97 puntos porcentuales en la HbA1c, después de un programa de entrenamiento físico que osciló entre 135 a 270 minutos de ejercicios a la semana durante seis meses. Ha sido reportado³² que esas aparentemente modestas mejorías del EF sobre

la HBA1c (reducción media de -0,8%), son clínicamente significativas en términos de mejorías de alteraciones microvasculares, macrovasculares y también no vasculares en el diabético, similar a los efectos producidos por una intervención farmacológica intensiva, según fue reportado en el conocido estudio UKPDS.³³

PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIOS FÍSICOS EN LA DIABETES MELLITUS:

Deben cumplirse, en general, los principios fundamentales del entrenamiento físico en pacientes con cardiopatía,³⁴ ya sea isquémica o de otro tipo, ellos son:

Frecuencia

Deben realizarse de 3 a 5 sesiones de ejercicios a la semana, con intervalos no mayores de dos días entre cada sesión de ejercicios.

Duración

Sesiones de 30 a 45 minutos, con intervalos o continuos preferentemente. Deben realizarse ejercicios de poca intensidad, durante 10 minutos, al inicio de la sesión, a manera de "calentamiento" y durante 5 minutos al final, como "enfriamiento".

Intensidad

La necesaria para alcanzar el pulso de entrenamiento predeterminado durante 15 a 30 minutos continuamente, como mínimo.

Para alcanzar los efectos beneficiosos del entrenamiento físico, es necesario realizar los ejercicios aeróbicos con una intensidad necesaria, de manera que se mantenga entre el 40 y el 85% de la capacidad funcional del paciente durante 15 a 60 minutos.³⁵ En la práctica diaria la intensidad del ejercicio está determinada por la frecuencia cardíaca (FC) alcanzada durante los mismos y que se determina por diferentes métodos; a dicha FC predeterminada también se le conoce por "pulso de entrenamiento". No obstante, algunas condiciones ambientales tales como temperatura y humedad deben estar presentes para que se cumplan tales efectos del entrenamiento físico; también la presencia de ansiedad o fatiga muscular pues tales aspectos pueden alterar la relación existente entre FC durante los ejercicios y el consumo máximo de oxígeno corporal.

Pulso de entrenamiento:

De acuerdo a nuestra experiencia el método fundamental para determinar la FC apropiada a alcanzar durante el entrenamiento físico es el siguiente:

– *Fórmula de Karvonen o FC de reserva:*³⁶ Frecuentemente utilizado en programas de rehabilitación de pacientes con enfermedad coronaria³⁷⁻³⁹ y considera el cálculo de la diferencia entre la FC máxima alcanzada y la basal (FC de reserva), multiplicando esta diferencia por un porcentaje que oscila entre 60% y 80% (equivalente al mismo porcentaje de capacidad funcional), dependiendo del nivel deseado de intensidad del ejercicio físico, sumando entonces la FC basal. Para la utilización de este método es imprescindible el empleo de técnicas que permitan una exacta determinación de la FC basal o en reposo, así como durante el esfuerzo máximo durante una prueba de esfuerzo. Con este método generalmente se obtienen pulsos de entrenamiento superiores a los restantes procedimientos.

Pulso de entrenamiento = (FC máxima alcanzada – FC basal) 0,6-0,8 + FC basal

– Otro método frecuentemente empleado también es simplemente la multiplicación de un porcentaje fijo previamente establecido (70 a 85%) por la FC máxima alcanzada, libre de síntomas, durante una prueba de esfuerzo. Este porcentaje fijo es equivalente al 60 a 85% de la capacidad funcional.

En otro método se incluye la determinación directa del consumo de oxígeno (V_{O_2}) durante el ejercicio, así como la FC. Este método requiere de la determinación directa del consumo de oxígeno durante el ejercicio mediante el análisis de los gases espirados (ergoespirometría), por tanto es menos empleado en la práctica clínica diaria aunque representa el método más preciso desde el punto de vista fisiopatológico.⁴⁰

Debe enfatizarse en que el ejercicio aeróbico de intensidad moderada a intensa y el de resistencia que implique grandes grupos musculares clasifica en un nivel 1A de evidencia.⁹

Tipo de ejercicios

En principio, dos grandes tipos de ejercicios han de ser utilizados en programas de entrenamiento físico como parte de la rehabilitación cardíaca, aun en pacientes diabéticos: **dinámicos** o **isotónicos** y **estáticos** o **isométricos**.

El tipo de EF generalmente más indicado a los individuos diabéticos, y cardiopatas, es el diná-

mico o aeróbico, repetitivo, con participación de grandes grupos musculares, tal es el caso de la caminata (a paso rápido), carrera o trote, pedaleo en bicicleta estática u ordinaria, remo, natación, incluso el baile con determinadas características. Al final de una sesión de ejercicios pueden añadirse ejercicios estáticos, isométricos o de resistencia muscular localizada por unos pocos minutos.

El entrenamiento de resistencia incrementa la fuerza muscular, la capacidad funcional, independencia y calidad de vida de personas sanas y con enfermedades cardiovasculares, reduciendo una probable incapacidad física, en caso de existir. Tales beneficios han propiciado que el entrenamiento de resistencia sea un componente aceptado para incluir en programas de salud,^{9, 12, 22,23} también en diabéticos.

Progresión del entrenamiento físico

La forma en la cual un paciente diabético con enfermedad cardíaca, en general o coronaria en particular, debe progresar a través del programa de ejercicios es de suma importancia. Debe lograrse un método mediante el cual el paciente se ejercite lo suficiente de manera que incremente evolutivamente su $V_{O_{2m\acute{a}x}}$ y con ello su capacidad funcional y a la vez se evite complicaciones cardiovasculares o músculo-esqueléticas que pudieran afectar o dañar al paciente e interrumpir el programa de rehabilitación. Por lo tanto, es muy importante para quien dirige o supervisa el programa ajustar apropiadamente la intensidad, duración y frecuencia del ejercicio de manera que optimice el control metabólico, así como los beneficios funcionales y evite complicaciones al paciente.

Individualización

Permite el ajuste del programa de ejercicios a cada paciente en particular, teniendo en cuenta sus características individuales y salvando las diferencias en las respuestas fisiológicas de un caso a otro, como por ejemplo las frecuencias cardíacas y cifras de presión arterial en reposo y máximas durante el ejercicio, sus efectos cronotrópicos, así como sus síntomas. La prescripción de ejercicios también puede ser modificada teniendo en cuenta las respuestas individuales en las pruebas de esfuerzo evaluativas periódicas programadas, las adaptaciones del paciente al entrenamiento físico, así como sus variaciones clínicas evolutivas.

Al individualizar el programa de ejercicios físicos a los pacientes debe tenerse en cuenta su

patología de base y en el caso de los diabéticos debe precisarse el estado de su control metabólico que incluye las cifras actuales de glucemia.

En pacientes diabéticos obesos o aquellos con síndrome metabólico, o los únicamente obesos, debe emplearse una estrategia que conlleve a la modificación del estilo de vida, que debe estar sustentado fundamentalmente en la dieta, con reducción del ingreso calórico, y el EF, con el correspondiente incremento del gasto calórico, que han demostrado ser eficientes en reducir los efectos patogénicos de estas patologías.⁴¹ Se recomienda⁴² en estos casos un gasto calórico de 2000 Kcal por semana, basados en una actividad física de intensidad moderada realizada durante 30 minutos diarios de ejercicios, que pueden ser suficientes para limitar diversos factores de riesgo de enfermedades crónicas, incluyendo las enfermedades coronarias y la DM. No obstante, otros autores⁴³⁻⁴⁵ sugieren gastos energéticos aun mayores (2500 Kcal/semana) para prevenir en estos casos el aumento de peso corporal y recuperar el peso normal y proponen para ello la realización de ejercicios diarios de moderada intensidad entre 60 y 90 minutos o ejercicios de mayor intensidad con menor duración. En niños y adolescentes con estas patologías, en general, se recomienda mayor tiempo de actividad física que en los adultos.^{43, 46}

EVALUACIONES ERGOMÉTRICAS EN PACIENTES DIABÉTICOS

En pacientes diabéticos de cualquier tipo todo programa de rehabilitación cardíaca supervisado en que se les incluya, debe idealmente ser precedido de un estudio ergométrico máximo o limitado por síntomas⁴⁷ controlado mediante electrocardiograma, en que se alcance la frecuencia cardíaca necesaria para diseñar el programa de EF que les corresponda y principalmente calcular el pulso de entrenamiento con la mayor precisión posible. Sería de marcada utilidad realizar la determinación directa del consumo máximo de oxígeno, mediante el análisis de gases espirados durante el esfuerzo, para precisar con mayor exactitud la intensidad del ejercicio durante el entrenamiento físico. Dichas pruebas podrían repetirse cada seis meses durante el primer año de incorporación al programa supervisado de EF y anualmente después; serían de utilidad además para estratificar al paciente según su riesgo de padecer complicaciones cardiovasculares y cómo evoluciona dicho riesgo evolutivamente con las medidas aplicadas en dicho programa de rehabilitación cardíaca, así como las empleadas para su control metabólico en general.^{48,49} En la Figura 1 se muestra el esquema de estratificación de ries-

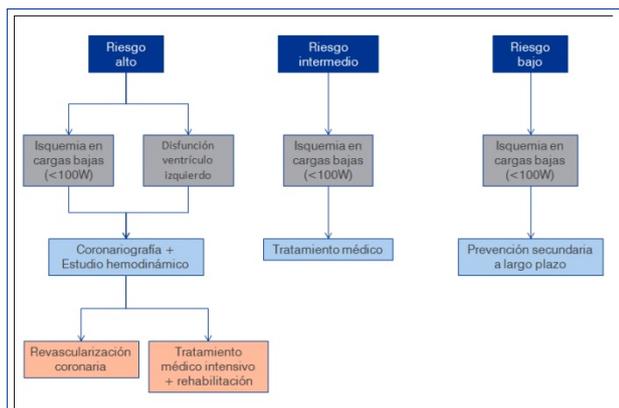


Figura 1. Esquema de estratificación de riesgo en pacientes diabéticos con enfermedades cardiovasculares mediante prueba ergométrica.

go utilizando prueba ergométrica máxima o limitada por síntomas en pacientes con cardiopatía isquémica, diabéticos y no diabéticos, considerada tradicionalmente en nuestro Centro.⁵⁰

CONCLUSIONES:

1. El ejercicio físico es un elemento indispensable, junto al tratamiento hipoglucemiante y nutricional en la diabetes mellitus.
2. El ejercicio físico, como parte esencial de un programa de rehabilitación cardíaca, es de utilidad en el control de la diabetes y en la prevención de complicaciones cardiovasculares.
3. El entrenamiento físico en pacientes portadores de diabetes mellitus con enfermedades cardiovasculares tiene iguales efectos que en individuos no diabéticos.
4. En estos pacientes debe emplearse un programa de ejercicios físicos individualizado con cuidados especiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. World Health Organization. Preventing Chronic Disease: A Vital Investment. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2005. WHO global report. Available at: http://www.who.int/chp/chronic_disease_report/en/. Accessed on July 13, 2011.
2. Fuster V, Voute J, Hunn M, Smith SC Jr. Low priority of cardiovascular and chronic diseases on the Global Health Agenda. A cause for concern. *Circulation* 2007; 116:1966-70.
3. Berry C, Tardif JC, Bourassa MG. Coronary heart disease in patients with diabetes. Part I: Recent advances in prevention and noninvasive management. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49:631-42.
4. Gaziano TA. Cardiovascular disease in the developing world and its cost-effective management. *Circulation* 2005;112:3547-53.

5. Guidelines on diabetes, pre-diabetes and cardiovascular diseases: executive summary. The Task Force on diabetes and cardiovascular diseases of the European Society of Cardiology and of the European Association for the Study of Diabetes. *Eur Heart J* 2007;28:88-136.
6. American Diabetes Association. Consensus development conference on the diagnosis of coronary heart disease in people with diabetes. *Diabetes Care* 1998;21:1551-9.
7. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. Chapter 78: Insulin, glucagon and diabetes mellitus. 11th. Edition. Philadelphia: Elsevier Inc., 2006, p. 972-6.
8. Albright A, Franz M, Hornsby G, Kriska A, Marrero D, Ullrich I, et al. American College of Sports Medicine position stand: exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1345-60.
9. Marwick TH, Hordern MD, Miller T, Chyun DA, Bertoni AG, Blumenthal RS et al. Exercise Training for Type 2 Diabetes Mellitus. Impact on Cardiovascular Risk: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2009;119:3244-62.
10. Lavie CJ, Milani RV. Cardiac rehabilitation and exercise training in secondary coronary heart disease prevention. *Prog Cardiovasc Dis* 2011;53:397-403.
11. Winnick JJ, Sherman WM, Habash DL, Stout MB, Failla ML, Belury MA, et al. Short-term aerobic exercise training in obese humans with type 2 diabetes mellitus improves whole-body insulin sensitivity through gains in peripheral, not hepatic insulin sensitivity. *J Clin Endocrinol Metab* 2008;93:771-8.
12. Maiorana A, O'Driscoll G, Cheetham C, Dembo L, Stanton K, Goodman C, et al. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:860-6.
13. Kim SH, Lee SJ, Kang ES, Kang S, Hur KY, Lee HJ, JS, et al. Effects of lifestyle modification on metabolic parameters and carotid intima-media thickness in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism* 2006;55:1053-9.
14. Wojtaszewski JFP, Nielsen JN, Richter EA. Effect of acute exercise on insulin signaling and action in humans. *J Appl Physiol* 2002;93:384-92.
15. Kirwan JP, Solomon TPJ, Wojta DM, Staten MA, Holloszy JO. Effects of 7 days of exercise training on insulin sensitivity and responsiveness in type 2 diabetes mellitus. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2009;297:E151-E156.
16. Kelly KR, Brooks LM, Solomon TPJ, Kashyap SR, O'Leary VB, Kirwan JP. The glucose-dependent insulinotropic polypeptide and glucose-stimulated insulin response to exercise training and diet in obesity. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2009;296:E1269-E1274.
17. Leary VBO, Marchetti CM, Krishnan RK, Stetz er BP, Gonzalez F, Kirwan JP. Exercise-induced reversal of insulin resistance in obese elderly is associated with reduced visceral fat. *J Appl Physiol* 2006;100:1584-9.
18. Bradley RL, Jeon JY, Liu F, Maratos-Flier E. Voluntary exercise improves insulin sensitivity and adipose tissue inflammation in diet-induced obese mice. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2008;295:E586-E594.
19. Polak J, Klimcakova E, Moro C, Viguier N, Berlan M, Hejnova J et al. Effect of aerobic training on plasma levels and subcutaneous abdominal adipose tissue gene expression of adiponectin, leptin, interleukin 6, and tumor necrosis factor a in obese women. *Metabolism Clinical and Experimental* 2006;55:1375-80.
20. Solomon TPJ, Haus JM, Marchetti CM, Stanley WC, Kirwan JP. Effects of exercise training and diet on lipid kinetics during free fatty acid-induced insulin resistance in older obese humans with impaired glucose tolerance. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2009;297:E552-E559.
21. Durheim MT, Slentz CA, Bateman LA, Mabe SK, Kraus WE. Relationships between exercise-induced reductions in thigh intermuscular adipose tissue, changes in lipoprotein particle

- size, and visceral adiposity. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2008;295:E407-E412.
22. Treserras MA, Balady GJ. Resistance training in the treatment of diabetes and obesity. Mechanisms and outcomes. *J Cardiovasc Prev Rehab* 2009;29:67-75.
23. Loimaala A, Groundstroem K, Rinne M, Neno nen A, Huh-tala H, Parkkari J et al. Effect of long-term endurance and strength training on metabolic control and arterial elasticity in patients with type 2 diabetes mellitus. *Am J Cardiol* 2009;103:972-7.
24. Stames JW, Taylor RP. Exercise-induced cardioprotection: Endogenous mechanisms. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:1537-43.
25. Pollock MI, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B. et al.: Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: an advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association: position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation* 2000;101:828-33.
26. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amster dam EA, Bittner V, Franklin BA, et al.. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation* 2007; 116:572-84.
27. Ades PA, Savage PD, Toth MJ, Harvey-Berino J, Schneider DJ, Bunn JY, et al: High-calorie-expenditure exercise: a new approach to cardiac rehabilitation for overweight coronary patients. *Circulation* 2009;119:2671-8.
28. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995. p. 120-5.
29. Kemmer FW, Berger M. Exercise and diabetes mellitus: physical activity as a part of daily life and its role in the treatment of diabetic patients. *Int J Sports Med* 1983; 4:77-88.
30. Tamis-Jortberg B, Downs DA Colten ME. Effect of glucose polymer sports drink on blood glucose insulin, and performance in subjects with diabetes. *Diabetes Educ* 1996; 22:471-87.
31. Sigal RJ, Kenny GP, Boul NG, Wells GA, Prud'homme D, Fortier M et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2007; 147:357-69.
32. Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care* 2006; 29:2518-27.
33. UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group. Intensive blood-glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33) [published correction appears in *Lancet* 1999; 354:602]. *Lancet* 1998; 352:837-53.
34. Rivas Estany E. Rehabilitación cardiaca pro longada. En: Maroto Montero JM, de Pablo Zarzosa C. Rehabilitación cardiovascular. Madrid: Editorial Médica Panamericana, S.A., 2011, p. 463-72.
35. Hamm LF, Leon AS. Exercise training for the coronary patient. En: Wenger KS, Hellerstein HK, editors. Rehabilitation of the coronary patient. 3ra. Ed., New York: Churchill Livingstone Inc., 1992; 367-402.
36. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training heart rate. A "longitudinal" study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1957; 35:307-12.
37. Iñarraz H, Quiroga P. Planificación del entrenamiento físico. En: Maroto Montero JM, de Pablo Zarzosa C. Rehabilitación cardiovascular. Madrid: Editorial Médica Panamericana, S.A., 2011, p. 253-71.
38. Rivas Estany E, Barrera Sarduy J, Alvarez Gómez J, Sixto Fernández S, Hernández García S, Martínez Ramos M, et al. Effects of a comprehensive cardiac rehabilitation programme in myocardial infarction elderly patients [abstract] *Eur J Cardiovasc Prevention Rehab* 2006;13 (suppl. 1): P-468.
39. Rivas Estany E, Castillo Alfonso M, Sin Chesa C, Peix González A, Hernández González R. Efectos del entrenamiento físico en pacientes con disfunción sistólica del ventrículo izquierdo después del infarto de miocardio. *Rev Latina Cardiol* 1996; 17:1-5.
40. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ (eds): Principles of exercise testing and interpretation. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1999, p. 29-33.
41. Grundy SM. Metabolic Syndrome: Connecting and reconciling cardiovascular and diabetes worlds. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47:1093-100.
42. Saris WHM, Blair SN, van Baak MA, Eaton SB, Davies PSW, Di Pietro L et al. How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev* 2003; 4:101-14.
43. Lakka TA, Bouchard C. Physical activity, obesity and cardiovascular diseases. *Handb Exp Pharmacol* 2005; 170:137-63.
44. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: A pilot study. *Circulation* 2008; 118:346-54.
45. Tjønnå AE, Stølen TO, Bye A, Volden E, Slørdahl SA, Ødegard R, et al. Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than multitreatment approach in overweight adolescents. *Clinical Science* 2009; 116:317-26.
46. Nicklas BJ, Wang X, You T, Lyles MF, Demons J, Easter L, et al. Effect of exercise intensity on abdominal fat loss during calorie restriction in overweight and obese postmenopausal women: a randomized, controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2009; 89:1043-52.
47. Kim MK, Baek KH, Song KH, Kwon HS, Lee JM, Kang MI, et al. Exercise treadmill test in detecting asymptomatic coronary artery disease in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab J* 2011; 35:34-40.
48. Albers AR, Ktichavsky MZ, Balady GJ. Stress testing in patients with diabetes mellitus. Diagnostic and prognostic value. *Circulation* 2006; 113:583-92.
49. Lyerly GW, Sui X, Church TS, Lavie CJ, Hand GA, Blair SN. Maximal exercise electrocardiography responses and coronary heart disease mortality among men with diabetes mellitus. *Circulation* 2008; 117:2734-42.
50. Rivas Estany E, Gallardo Montes de Oca G, Sin Chesa C, Hevia Sánchez L. Estratificación del riesgo mediante prueba ergométrica precoz después del infarto miocárdico agudo. Evaluación de un método. *Rev Latina Cardiol* 1993; 14:193-7.

Recibido: 11 de noviembre del 2011.

Aceptado: 6 de diciembre del 2011.