

Ejercicio físico y diabetes mellitus tipo 2

Dr. Juan A. Andrade Flores, Dr. Rolando E. Rogés Machado, Dra. Lázara M. Pérez Yáñez,
Dr. Ricardo A. García Hernández  y Lic. Feliciano N. García Roblejo

Servicio de Cardiología. Hospital Hermanos Ameijeiras. La Habana, Cuba.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 22 de enero de 2014

Aceptado: 12 de marzo de 2014

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Abreviaturas

DM2: diabetes mellitus tipo 2

Versiones On-Line:

Español - Inglés

 RA García Hernández
Hospital Hermanos Ameijeiras
San Lázaro 701, e/ Belascoaín y
Marqués González.
Centro Habana 10300. La Habana,
Cuba. Correo electrónico:
ramador@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La diabetes mellitus tipo 2 está considerada como una epidemia del siglo XXI, es bien conocido el efecto beneficioso que produce el ejercicio físico en el tratamiento de estos pacientes.

Objetivo: Determinar el efecto del ejercicio físico en los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 incluidos en un programa de rehabilitación, caracterizar la evolución de los factores de riesgo asociados y modificar algunos parámetros bioquímicos y ergométricos.

Método: Se realizó un estudio de intervención en 50 pacientes diabéticos incluidos en un programa de rehabilitación. A cada uno se le realizó examen físico, así como análisis de glucemia, colesterol y triglicéridos al inicio del programa y a intervalos de 6 meses hasta los 24 meses. Al culminar cada semestre, se realizó una prueba ergométrica evaluativa, según el protocolo de Bruce.

Resultados: Predominaron los pacientes del sexo femenino (29/50, 58 %), color blanco de piel (48 %) y edad entre 35-59 años (60,0 %). Se logró el control de la hipertensión arterial y el sedentarismo en todos los casos afectados, y el tabaquismo se redujo de 34 a 8,2 %. Además, se redujeron significativamente los valores promedio de glucemia ($5,8 \pm 1,0$), hemoglobina glucosilada ($5,9 \pm 1,0$) y triglicéridos ($1,7 \pm 0,4$).

Conclusiones: En los pacientes diabéticos estudiados se logró mejorar el control de su enfermedad y de los factores de riesgo asociados, y se modificaron favorablemente algunos parámetros de la ergometría.

Palabras clave: Diabetes mellitus tipo 2, Rehabilitación cardíaca, Entrenamiento físico, Factores de riesgo coronario

Physical exercise and type 2 diabetes mellitus

ABSTRACT

Introduction: Type 2 diabetes mellitus is considered to be an epidemic in the 21st century. The beneficial effect produced by physical exercise in the management of these patients is well known.

Objective: To determine the effect of physical exercise in type 2 diabetes mellitus patients who were included in a rehabilitation program, characterize the evolution of the associated risk factors and modify some biochemical and exercise test parameters.

Method: An intervention study was conducted in 50 diabetic patients who were included in a rehabilitation program. Each patient underwent physical examination; and blood glucose, cholesterol and triglycerides tests were performed at the beginning of the program and every 6 months during a 24-month period. At the end of each semester, an exercise test was performed according to the Bruce protocol.

Results: There was a predominance of female patients (29/50, 58%), white skin patients (48%) and those aged 35-59 years (60.0%). Control of hypertension was achieved in all affected cases, as well as elimination of the sedentary lifestyle. Smoking decreased from 34 to 8.2%. In addition, there was a significant reduction in the average blood glucose levels (5.8 ± 1.0), glycosylated hemoglobin (5.9 ± 1.0) and triglycerides (1.7 ± 0.4).

Conclusions: In the diabetic patients of the study, the control of the disease and its associated risk factors improved; and some parameters of the exercise test also improved.

Key words: Type 2 diabetes mellitus, Cardiovascular rehabilitation, Physical training, Coronary risk factors

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) se ha convertido en una epidemia en el siglo XXI, tanto en países occidentales como en los del tercer mundo¹. En el año 2010 el número total de diabéticos en el mundo sobrepasó los 200 millones y las estimaciones epidemiológicas de la Organización Mundial de la Salud prevén que se alcancen los 366 millones (4,4 % de la población mundial) al llegar al 2030².

Es bien conocido que la DM2 es un síndrome caracterizado por trastornos metabólicos generalizados, en el que el factor dominante, es una hiperglucemia crónica³. La resistencia insulínica es el hecho fisiopatológico característico de la DM2, la cual está vinculada con otras comorbilidades como: la hipertensión arterial, la obesidad, la ingestión excesiva de grasas saturadas y el sedentarismo, que se relacionan entre sí y ensombrecen el pronóstico del paciente⁴⁻⁶. Por otro lado, a expensas del daño micro y macrovascular que se produce, la mayoría de los pacientes diabéticos mueren de enfermedades cardiovasculares, la aterosclerosis es la responsable en un 80 % de los casos⁷.

Según Jennings *et al.*⁸, en múltiples estudios realizados se ha demostrado que la actividad física sistemática (es decir, el entrenamiento físico), aporta beneficios en la salud fundamentalmente en pacientes diabéticos, debido al aumento de la actividad y contenido mitocondrial del músculo esquelético; lo cual aporta un mecanismo adicional, que mejora la sensibilidad a la insulina, producida por el ejercicio, además de un control más adecuado de las cifras de glucemia, lo que favorece la reducción de las complicaciones de

índole cardiovascular.

A pesar de los conocidos efectos beneficiosos de los programas de rehabilitación, solo el 25 % o menos, de los pacientes con indicación, se integran; lo cual se encuentra relacionado con la falta de conciencia del paciente, en relación a su enfermedad y a la poca información por parte del especialista, acerca de la necesidad de la implementación y cumplimiento de estos programas en los casos necesitados⁹.

En el Hospital "Hermanos Ameijeiras" existe un Servicio de Rehabilitación Cardiovascular que ha incrementado su número de pacientes y ha logrado buenos resultados en la evolución clínica, en la mejoría del perfil psicosocial y en la rápida reincorporación laboral de los enfermos.

Esta investigación, que permitirá iniciar un amplio campo de estudio acerca de los efectos del ejercicio físico en los pacientes atendidos en este centro hospitalario, así como trazar estrategias para mejorar la atención brindada, elevar la calidad de vida y mejorar el pronóstico de la enfermedad de base, se realizó con el objetivo de determinar el efecto del ejercicio físico en pacientes con DM2 incluidos en un programa de rehabilitación, caracterizar la evolución de los factores de riesgo asociados y modificar algunos parámetros bioquímicos y ergométricos.

MÉTODO

Se realizó un estudio de intervención con todos los pacientes diabéticos que fueron remitidos al Servicio de Ergometría y Rehabilitación del Hospital Clínico Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras", durante el período

comprendido entre enero de 2010 hasta noviembre de 2012.

La muestra estuvo compuesta por 50 pacientes que estuvieron de acuerdo en participar en el estudio y firmaron el modelo de consentimiento informado.

Criterios de inclusión

Pacientes con el diagnóstico de DM2 que fueron remitidos al Servicio de Ergometría y Rehabilitación del mencionado hospital, que completaron todo el programa de rehabilitación durante los 24 meses.

Criterios de Exclusión

Pacientes no elegibles para el programa de entrenamiento físico y aquellos con afección cardiovascular, ortopédica o psiquiátrica que provocara su interrupción.

A todos se les realizó examen físico y determinación de glucemia, colesterol y triglicéridos, al inicio y cada 6 meses, hasta los 24 meses. El programa de rehabilitación incluyó sesiones de entrenamiento de 30 hasta 130 minutos (donde se realizaron ejercicios de tipo calistenia, bicicleta, rampa, trotes, cuclillas y abdominales, supervisados por el técnico de rehabilitación y el cardiólogo responsable de esta actividad), con una frecuencia semanal. Al culminar cada semestre, se les realizó prueba ergométrica evaluativa con protocolo de Bruce.

Se confeccionó un modelo de encuesta donde se recogieron y resumieron las variables de interés, a partir de la entrevista y la información contenida en la historia clínica. Dicha información se introdujo en una base de datos creada en el programa SPSS versión 16.0 y se utilizó el por ciento como medida de resumen para datos cualitativos, así como la mediana y desviación estándar para datos cuantitativos. Se confeccionaron tablas de contingencia, con el empleo de la prueba no paramétrica de Chi cuadrado, para determinar el nivel de significación estadística de probabilidad asociada. Se consideró significativo cuando $p < 0.05$.

Los resultados se presentan en tablas y gráficos.

RESULTADOS

En la **tabla 1** se observa el predominio de pacientes correspondientes al grupo etario

de 35-59 años (60,0 %), y al sexo femenino (29/50, 58 %). También predominaron aquellos con color blanco de piel (48 %) (**Gráfico 1**).

El 90 % de los pacientes diabéticos estudiados presentaban hiperglucemia al inicio del programa de re-

Tabla 1. Grupos de edad y sexo en pacientes rehabilitados.

Grupos de edad (años)	Sexo				Total	
	Femenino		Masculino			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
35 - 59	19	65,5	11	52,4	30	60,0
60 - 65	5	17,2	4	19,0	9	18,0
Más de 65	5	17,2	6	28,6	11	22,0
Total	29	100	21	100	50	100

Fuente: Historia clínica.

Gráfico 1. Color de la piel en pacientes rehabilitados.

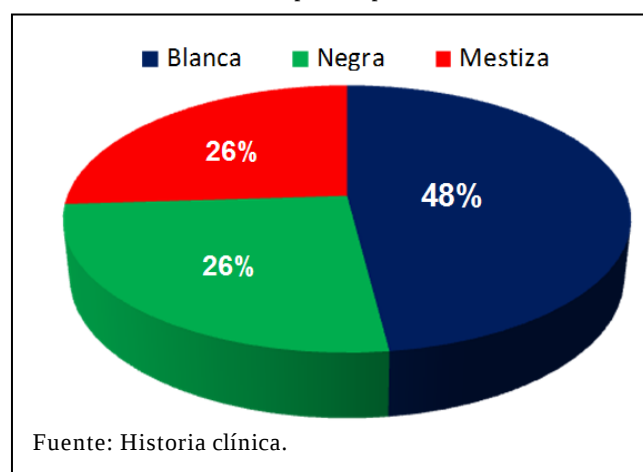


Tabla 2. Comportamiento de los FR asociados al inicio y al final del PR.

FRC	Antes		Después		Valor de p
	Nº	%	Nº	%	
Hiperglucemia	45	90,0	13	26,5	0.0341
Sedentarismo	50	100	0	0,0	0.0020
Hipertensión arterial	45	90,0	0	0,0	0.0010
Dislipidemia	43	86,0	5	10,2	0.0124
Tabaquismo	17	34,0	4	8,2	0.0014
Obesidad	29	58,0	11	22,4	0.0148

Fuente: Historia Clínica

habilitación (**Tabla 2**), porcentaje que disminuyó significativamente (26,5 %; $p < 0.05$) a los 24 meses. El resto de los factores de riesgo evaluados tuvieron un comportamiento similar, pues todos mostraron mejoría tras la intervención, y el sedentarismo y la hipertensión arterial fueron totalmente controlados.

La **tabla 3** muestra la reducción en los valores promedio de las variables bioquímicas durante las fases del entrenamiento, que fue más evidente en la glucemia ($8,1 \pm 1,7$ vs. $5,8 \pm 1,0$ mmol/L; $p = 0.0025$), la hemoglobina glucosilada ($8,0 \pm 1,0$ vs. $5,9 \pm 1,0$ %; $p = 0.0040$) y los triglicéridos ($3,2 \pm 1,1$ vs. $1,7 \pm 0,4$ mmol/L; $p = 0.0012$). Similar situación se logró con las variables ergométricas (**Tabla 4**), donde se demuestra el incremento significativo de los valores promedio del consumo miocárdico de oxígeno ($22,1 \pm 1,5$ vs. $24,6 \pm 1,4$ %; $p = 0.0016$) y el consumo energético ($6,2 \pm 0,5$ vs. $7,1 \pm 0,4$ MET; $p = 0.0028$), y la reducción de las presiones arteriales sistólica ($131,5 \pm 8,8$ vs. $105,5 \pm 15,6$ mmHg; $p = 0.1058$), diastólica ($83,4 \pm 8,7$ vs. $67,5 \pm 5,0$ mmHg;

$p = 0.1257$) y la frecuencia cardíaca ($73,4 \pm 9,4$ vs. $60,6 \pm 6,3$ lpm; $p = 0.5628$).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados coinciden con los encontrados por Boule *et al.*¹⁰, en un estudio sobre el efecto del ejercicio físico en los pacientes con DM2, donde la edad media fue de 55 ± 5 años y predominó el sexo femenino (43 %)¹¹.

A pesar de los pocos trabajos que han estudiado el color de piel en este contexto, se ha informado un predominio del color blanco de piel. Los resultados de estos estudios¹¹⁻¹³ coinciden con los nuestros al encontrar que la mayoría de sus pacientes son blancos; no obstante, se reconoce que esta variable depende de las características étnicas de la población estudiada.

Otros autores¹⁴⁻¹⁶ también han logrado la reducción total de número de pacientes sedentarios e hipertensos como resultado cumbre del programa de rehabilitación. Esto demuestra una vez más los beneficios

atribuidos al ejercicio físico, el cual constituye la piedra angular para la obtención de mejores resultados en el control de la DM2, así como del resto de los factores de riesgo asociados¹⁷. Llamó la atención la reducción importante del número de pacientes fumadores, lo cual puede estar relacionado con el trabajo educativo realizado por los cardiólogos y la licenciada en rehabilitación, al brindar charlas acerca de los efectos nocivos de este hábito tóxico y las estrategias para erradicarlo.

El ejercicio mejora el control metabólico de la glucemia

Tabla 3. Relación de variables bioquímicas en relación al tiempo del PR.

Variables (mmol/l)	Media $\pm$ desviación estándar					Valor de p
	Inicio	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	
Glucemia	$8,1 \pm 1,7$	$7,6 \pm 1,5$	$7,0 \pm 1,3$	$6,5 \pm 1,2$	$5,8 \pm 1,0$	0.0025
Colesterol LDL	$3,0 \pm 0,5$	$2,8 \pm 0,4$	$2,4 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,2$	0.1242
Colesterol HDL	$0,8 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,2$	0.1005
Colesterol total	$6,4 \pm 0,9$	$6,1 \pm 0,9$	$5,6 \pm 0,9$	$5,1 \pm 0,9$	$4,5 \pm 0,9$	0.1245
Triglicéridos	$3,2 \pm 1,1$	$3,0 \pm 0,9$	$2,6 \pm 0,8$	$2,1 \pm 0,6$	$1,7 \pm 0,4$	0.0012
Hb glicosilada (%)	$8,0 \pm 1,0$	$7,6 \pm 1,0$	$7,1 \pm 1,0$	$6,5 \pm 1,0$	$5,9 \pm 1,0$	0.0040

Fuente: Historia Clínica. Hb: Hemoglobina, LDL y HDL: siglas en inglés de lipoproteínas de baja y alta densidad, respectivamente

Tabla 4. Relación de variables ergométricas en relación al tiempo del PR.

Variables (mmol/l)	Media $\pm$ desviación estándar					Valor de p
	Inicio	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	
PAS (mmHg)	$131,5 \pm 8,8$	$127,1 \pm 8,1$	$120,8 \pm 8,2$	$114,8 \pm 7,4$	$105,5 \pm 15,6$	0.1058
PAD (mmHg)	$83,4 \pm 8,7$	$81,4 \pm 7,7$	$75,8 \pm 7,0$	$71,5 \pm 6,3$	$67,5 \pm 5,0$	0.1257
Frecuencia cardíaca (lpm)	$73,4 \pm 9,4$	$70,7 \pm 8,5$	$67,4 \pm 7,8$	$63,9 \pm 8,2$	$60,6 \pm 6,3$	0.5628
VO ₂ Máx (%)	$22,1 \pm 1,5$	$22,6 \pm 1,4$	$23,2 \pm 1,4$	$23,8 \pm 1,4$	$24,6 \pm 1,4$	0.0016
Consumo energético (MET)	$6,2 \pm 0,5$	$6,4 \pm 0,5$	$6,6 \pm 0,4$	$6,8 \pm 0,5$	$7,1 \pm 0,4$	0.0028

Fuente: Historia Clínica.

mia, la hemoglobina glucosilada y los lípidos; incluido el incremento de los niveles séricos de las lipoproteínas de alta densidad¹⁸. Esto condiciona una marcada reducción de la resistencia a la insulina y promueve el mejoramiento de los marcadores antiinflamatorios, lo que reduce las complicaciones micro y macrovasculares del diabético.

En este trabajo se pudieron constatar tales efectos, aunque para otros autores^{19,20} no ha sido así, lo que pudiera estar en relación con el reducido número de pacientes y la pobre adherencia al programa de ejercicios empleados.

Se pudo apreciar que a medida que avanzó el programa de rehabilitación, se incrementaron los valores promedio del consumo miocárdico de oxígeno y el consumo energético. Esta mejoría en la capacidad funcional está estrechamente relacionada al buen desarrollo del entrenamiento físico, el cual sigue el método de intervalos, y al cumplimiento de sus principios adecuadamente²¹.

Nuestros resultados fueron similares a los encontrados por Chudyk y Petrella²², quienes consideran que la mejoría en la aptitud física cardiorrespiratoria y la tolerancia al esfuerzo físico propiciaron resultados beneficiosos desde el punto de vista metabólico y hemodinámico. Contrariamente, Bhattacharyya *et al.*²³, en su estudio, no encontraron resultados beneficiosos; pues al emplear un protocolo de ejercicios de resistencia en los pacientes diabéticos, no ocurrió modificación en las variables químicas y hemodinámicas estudiadas.

Para que un programa de rehabilitación resulte eficaz en diabéticos tipo 2, debe incluir ejercicios de moderada intensidad y un alto grado de entrenamiento de fuerza, de tal manera que se obtenga una mejoría en la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza muscular y los diferentes parámetros fisiológicos y bioquímicos²⁴.

CONCLUSIONES

Tras el programa de rehabilitación en pacientes con DM2 se logró mejorar el control de su enfermedad y los factores de riesgo asociados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hassain P, Kavar B, El Nahas M. Obesity and diabetes in developing world: a growing challenge. *N Engl J Med*. 2007;356(3):213-5.
2. Nathan DM, Buse JB, Davidson MB, Ferrannini E, Holma RR, Sherwin R, *et al.* Management of hyperglycemia in type 2 diabetes: Update regarding thiazolidinediones: a consensus statement from the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes. *Diabetes Care*. 2008;31(1):173-5.
3. Grundy SM. A changing paradigm for prevention of cardiovascular disease: emergence of the metabolic syndrome as a multiplex risk factor. *Eur Herth J Suppl*. 2008;10(Suppl B):16-23.
4. Palma Gámiz JL. La diabetes mellitus entendida como una enfermedad cardiovascular de origen metabólico. *Rev Esp Cardiol*. 2007;7(Supl H):12-9.
5. Pavkov ME, Bennett PH, Knowler WC, Krakoff J, Sievers ML, Nelson RG. Effect of youth-onset type 2 diabetes mellitus on incidence of end-stage renal disease and mortality in young and middle-aged Pima Indians. *JAMA*. 2006;296(4):421-6.
6. Fox CS, Coady S, Sorlie PD, D'Agostino RB, Pencina MJ, Vasan RS. Increasing cardiovascular disease burden due to diabetes mellitus: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2007;115(12):1544-50.
7. ADVANCE Collaborative Group, Patel A, MacMahon S, Chalmers J, Neal B, Billot L, *et al.* Intensive blood glucose control and vascular outcomes in patients with type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2008;358(24):2560-72.
8. Jennings AE, Alberga A, Sigal RJ, Jay O, Boulé NG, Kenny GP. The effect of exercise training on resting metabolic rate in type 2 diabetes mellitus. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(8):1558-65.
9. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, *et al.* Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. *Circulation*. 2007;116(5):572-84.
10. Boulé NG, Kenny GP, Haddad E, Wells GA, Sigal RJ. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*. 2003;46(8):1071-81.
11. Ronald JS, Glen PK, Boule 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. *Ann Intern Med*. 2007;147(6):357-69.
12. Chin KH, Sathyasurya DR, Abu Saad H, Jan Mohamed HJ. Effect of ethnicity, dietary intake and physical activity on plasma adiponectin concentrations among malaysian patients with type 2 diabetes mellitus. *Int J Endocrinol Metab*. 2013;11(3):167-

- 74.
13. Lambers S, Van Laethem C, Van Acker K, Calders P. Influence of combined exercise training on indices of obesity, diabetes and cardiovascular risk in type 2 diabetes patients. *Clin Rehabil.* 2008;22(6):483-92.
14. Gerich JE. Type 2 diabetes mellitus is associated with multiple cardiometabolic risk factors. *Clin Cornerstone.* 2007;8(3):53-68.
15. Hu G, Jousilahti P, Barengo NC, Qiao Q, Lakka TA, Tuomilehto J. Physical activity, cardiovascular risk factors, and mortality among Finnish adults with diabetes. *Diabetes Care.* 2005;28(4):799-805.
16. Barnett AH. The importance of treating cardiometabolic risk factors in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Vas Dis Res.* 2008;5(1):9-14.
17. Navas MC, Lugo HL, Ortiz DS. Estudio descriptivo del programa de rehabilitación cardíaca de la Clínica Las Américas. *Rev Colomb Cardiol.* 2011;18(4):199-205.
18. Kadoglou NP, Iliadis F, Liapis CD, Perrea D, Angelopoulos N, Alevizos M. Beneficial effects of combined treatment with rosiglitazone and exercise on cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2007;30(9):2242-4.
19. Krousel-Wood MA, Berger L, Jiang X, Blonde L, Myers L, Webber L. Does home-based exercise improve body mass index in patients with type 2 diabetes? Results of a feasibility trial. *Diabetes Res Clin Pract.* 2008;79(2):230-6.
20. Bloomer RJ. Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise. *J Strength Cond Res.* 2005;19(4):878-82.
21. Pérez Coronel PL. Riesgo Cardiovascular. En: *Rehabilitación Cardíaca Integral.* La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2009. p.69-82.
22. Chudyk A, Petrella JR. Effects of exercise on cardiovascular risk factor in type 2 Diabetes. *Diabetes Care.* 2011;34(5):1228-37.
23. Bhattacharyya OK, Shah BR, Booth GL. Management of cardiovascular disease in patients with diabetes: the 2008 Canadian Diabetes Association guidelines. *CMAJ.* 2008;179(9):920-6.
24. Madden KM, Lockhart C, Cuff D, Potter T, Meneilly GS. Short-term aerobic exercise reduces arterial stiffness in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia. *Diabetes Care.* 2009;32(8):1531-5.

Physical exercise and type 2 diabetes mellitus

Juan A. Andrade Flores, MD; Rolando E. Rogés Machado, MD; Lázara M. Pérez Yáñez, MD; Ricardo A. García Hernández , MD; and Feliciano N. García Roblejo, BS

Department of Cardiology. Hermanos Ameijeiras Hospital. Havana, Cuba.

Este artículo también está disponible en español

ARTICLE INFORMATION

Received: January 22, 2014

Accepted: March 12, 2014

Competing interests

The authors declare no competing interests

Acronyms

T2DM: Type 2 diabetes mellitus

On-Line Versions:

[Spanish](#) - [English](#)

ABSTRACT

Introduction: Type 2 diabetes mellitus is considered to be an epidemic in the 21st century. The beneficial effect produced by physical exercise in the management of these patients is well known.

Objective: To determine the effect of physical exercise in type 2 diabetes mellitus patients who were included in a rehabilitation program, characterize the evolution of the associated risk factors and modify some biochemical and exercise test parameters.

Method: An intervention study was conducted in 50 diabetic patients who were included in a rehabilitation program. Each patient underwent physical examination; and blood glucose, cholesterol and triglycerides tests were performed at the beginning of the program and every 6 months during a 24-month period. At the end of each semester, an exercise test was performed according to the Bruce protocol.

Results: There was a predominance of female patients (29/50, 58%), white skin patients (48%) and those aged 35-59 years (60.0%). Control of hypertension was achieved in all affected cases, as well as elimination of the sedentary lifestyle. Smoking decreased from 34 to 8.2%. In addition, there was a significant reduction in the average blood glucose levels (5.8 ± 1.0), glycosylated hemoglobin (5.9 ± 1.0) and triglycerides (1.7 ± 0.4).

Conclusions: In the diabetic patients of the study, the control of the disease and its associated risk factors improved; and some parameters of the exercise test also improved.

Key words: Type 2 diabetes mellitus, Cardiovascular rehabilitation, Physical training, Coronary risk factors

Ejercicio físico y diabetes mellitus tipo 2

RESUMEN

Introducción: La diabetes mellitus tipo 2 está considerada como una epidemia del siglo XXI, es bien conocido el efecto beneficioso que produce el ejercicio físico en el tratamiento de estos pacientes.

Objetivo: Determinar el efecto del ejercicio físico en los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 incluidos en un programa de rehabilitación, caracterizar la evolución de los factores de riesgo asociados y modificar algunos parámetros bioquímicos y ergométricos.

 RA García Hernández
Hospital Hermanos Ameijeiras
San Lázaro 701, e/ Belascoáin y
Marqués González.
Centro Habana 10300. La Habana,
Cuba. E-mail address:
ramador@infomed.sld.cu

tricos.

Método: Se realizó un estudio de intervención en 50 pacientes diabéticos incluidos en un programa de rehabilitación. A cada uno se le realizó examen físico, así como análisis de glucemia, colesterol y triglicéridos al inicio del programa y a intervalos de 6 meses hasta los 24 meses. Al culminar cada semestre, se realizó una prueba ergométrica evaluativa, según el protocolo de Bruce.

Resultados: Predominaron los pacientes del sexo femenino (29/50, 58 %), color blanco de piel (48 %) y edad entre 35-59 años (60,0 %). Se logró el control de la hipertensión arterial y el sedentarismo en todos los casos afectados, y el tabaquismo se redujo de 34 a 8,2 %. Además, se redujeron significativamente los valores promedio de glucemia ($5,8 \pm 1,0$), hemoglobina glucosilada ($5,9 \pm 1,0$) y triglicéridos ($1,7 \pm 0,4$).

Conclusiones: En los pacientes diabéticos estudiados se logró mejorar el control de su enfermedad y de los factores de riesgo asociados, y se modificaron favorablemente algunos parámetros de la ergometría.

Palabras clave: Diabetes mellitus tipo 2, Rehabilitación cardíaca, Entrenamiento físico, Factores de riesgo coronario

INTRODUCTION

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) has become an epidemic in the 21st century, both in Western countries and in the Third World¹. In 2010, the total number of diabetic patients worldwide exceeded 200 million, and epidemiological estimates of the World Health Organization predict they will reach 366 million (4.4% of the world population) by 2030².

It is well known that T2DM is a syndrome characterized by generalized metabolic disorders, in which the dominant factor is a chronic hyperglycemia³. Insulin resistance is a pathophysiological characteristic of T2DM, which is linked with other comorbidities such as hypertension, obesity, excessive intake of saturated fat and physical inactivity, which are interrelated and affect the prognosis of the patient⁴⁻⁶. Furthermore, due to the microvascular and macrovascular damage that takes place, the majority of diabetic patients die of cardiovascular disease, being atherosclerosis responsible for 80% of cases⁷.

According Jennings *et al*⁸, multiple studies have shown that routine physical activity (i.e., physical exercise) provides health benefits mainly in diabetic patients, due to an increase in the activity and mitochondrial content of the skeletal muscle; which provides an additional mechanism that improves the sensitivity to insulin, produced by exercise, as well as a better control of glycemia levels, which helps reduce cardiovascular complications.

Despite the known beneficial effects of rehabilitation programs, only 25% or less of patients who are advised to participate take part in these programs. A

fact that is related to the lack of awareness of the patient in relation to their condition and the limited information provided by the specialist about the need for the implementation and compliance with these programs⁹.

At the Hermanos Ameijeiras Hospital, there is a Cardiovascular Rehabilitation Department that has increased its number of patients and has achieved good results in clinical progress. It has improved the psychosocial profile of patients and made possible a rapid return to work.

This study, which will open a broad field of study on the effects of exercise in the patients treated at this hospital, and which will allow the development of strategies to improve the care provided, improve the quality of life and improve the prognosis of the underlying disease, was conducted in order to determine the effect of physical exercise in patients with T2DM who were included in a rehabilitation program, characterize the evolution of the associated risk factors and modify some biochemical and exercise test parameters.

METHOD

An intervention study was conducted with all diabetic patients who were referred to the Department of Exercise Testing and Rehabilitation of the Hermanos Ameijeiras Surgical Hospital, from January 2010 to November 2012.

The sample consisted of 50 patients who agreed to participate in the study and signed the informed consent model.

Inclusion criteria

Patients with a diagnosis of T2DM who were referred to the Department of Exercise Testing and Rehabilitation of the hospital, and who completed the entire rehabilitation program for 24 months.

Exclusion Criteria

Patients who were not eligible for the physical training program or who had cardiovascular, orthopedic or psychiatric conditions that would cause interruption of the training program.

All patients underwent physical examination and blood glucose, cholesterol and triglycerides tests at the beginning and every 6 months during a 24-month period. The rehabilitation program included training sessions from 30 to 130 minutes, with a weekly frequency (it included calisthenics such as cycling, ramp, jogging, squats, and crunches, supervised by the rehabilitation technician and the cardiologist responsible for this activity). At the end of each semester, an exercise test was performed using the Bruce protocol.

A questionnaire form was devised for collecting and summarizing the variables of interest, according to the interview and the information contained in the medical record. This information was entered into a database created in SPSS version 16.0. Percentage was used as a summary measure for qualitative data, as well as the median and standard deviation for quantitative data. Contingency tables were created, with the use of nonparametric chi-square test, in order to determine the level of statistical significance of associated probability. It was considered significant when $p < 0.05$.

The results are presented in tables and charts.

RESULTS

Table 1 shows the prevalence of patients from the age group 35-59 years (60.0%), and females (29/50, 58%). There was also a predominance of white skin patients (48%) (**Figure 1**).

At the start of the rehabilitation program, 90% of diabetic patients had hyperglycemia (**Table 2**), and this percentage decreased significantly (26.5%, $P < 0.05$) at 24 months. The other risk factors under study had a similar behavior, since all of them showed improvement after the intervention, and

the sedentary lifestyle and hypertension were completely controlled.

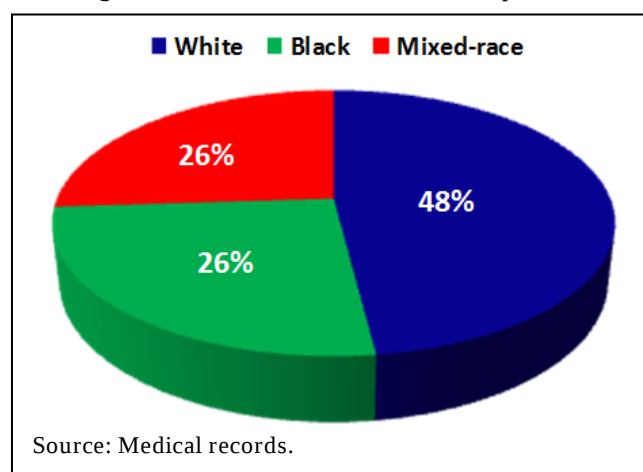
Table 3 shows the reduction in the mean values of biochemical variables during the training phases, which was more evident in blood glucose (8.1 ± 1.7 vs. $5.8 \pm$

Table 1. Age groups and sex of rehabilitated patients.

Age groups (years)	Sex				Total	
	Female		Male			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
35 - 59	19	65,5	11	52,4	30	60,0
60 - 65	5	17,2	4	19,0	9	18,0
Over 65	5	17,2	6	28,6	11	22,0
Total	29	100	21	100	50	100

Source: Medical records.

Figure 1. Color of skin of rehabilitated patients.



Source: Medical records.

Table 2. Behavior or associated RF at the beginning and end of the RP.

Risk factors	Before		After		p value
	Nº	%	Nº	%	
Hyperglycemia	45	90,0	13	26,5	0.0341
Sedentary lifestyle	50	100	0	0,0	0.0020
Hypertension	45	90,0	0	0,0	0.0010
Dyslipidemia	43	86,0	5	10,2	0.0124
Smoking	17	34,0	4	8,2	0.0014
Obesity	29	58,0	11	22,4	0.0148

Source: Medical records.

1.0 mmol/L; $p = 0.0025$), glycosylated hemoglobin (8.0 ± 1.0 vs. $5.9 \pm 1.0\%$; $p = 0.0040$) and triglycerides (3.2 ± 1.1 vs. 1.7 ± 0.4 mmol/L, $p = 0.0012$). Similar situation was achieved with the exercise test variables (**Table 4**), that show a significant increase in the mean values of myocardial oxygen consumption (22.1 ± 1.5 vs. $24.6 \pm 1.4\%$; $P = 0.0016$) and energy consumption (6.2 ± 0.5 vs. 7.1 ± 0.4 MET; $p = 0.0028$), and reduced systolic blood pressure (131.5 ± 8.8 vs. 105.5 ± 15.6 mmHg; $p = 0.1058$), diastolic blood pressure (83.4 ± 8.7 vs. 67.5 ± 5.0 mmHg; $p = 0.1257$) and heart rate (73.4 ± 9.4 vs. 60.6 ± 6.3 bpm; $p = 0.5628$).

DISCUSSION

Our results agree with those found by Boule *et al*¹⁰, in a study on the effect of physical exercise in patients with T2DM, where the mean age was 55 ± 5 years and there was a predominance of female patients (43%)¹¹.

Although few studies have addressed the skin color in this context, a predominance of white skin has been

reported. The results of these studies¹¹⁻¹³ agree with our finding that most patients are white; however, it is recognized that this variable depends on the ethnic characteristics of the population under study.

Other authors¹⁴⁻¹⁶ have also managed to reduce the total number of sedentary and hypertensive patients as the main result of the rehabilitation program. This again demonstrates the benefits attributed to physical exercise, which is the cornerstone for achieving better results in the control of T2DM, as well as other associated risk factors¹⁷. There was a significant reduction in the number of smokers, which may be related to the educational work done by cardiologists and the rehabilitation specialist, by providing lectures on the harmful effects of this toxic habit and strategies to eradicate it.

Physical exercise improves the metabolic control of blood glucose, glycosylated hemoglobin and lipids; including increased serum levels of high density lipoproteins¹⁸. This determines a marked decrease in insulin

resistance and promotes the improvement of the anti-inflammatory markers, reducing the microvascular and macrovascular complications of the diabetic patients.

In this study, we were able to find such effects, although other authors^{19,20} have not found them; something that might be related to the small number of patients and the poor adherence to the exercise program.

It was noticed that, as the rehabilitation program progressed, the average values of myocardial oxygen consumption and energy consumption increased.

Table 3. Biochemical variables in relation to the time of the RP.

Variables (mmol/l)	Mean $\pm$ standard deviation					Valor de p
	Baseline	6 months	12 months	18 months	24 months	
Glycemia	8,1 $\pm$ 1,7	7,6 $\pm$ 1,5	7,0 $\pm$ 1,3	6,5 $\pm$ 1,2	5,8 $\pm$ 1,0	0.0025
LDL cholesterol	3,0 $\pm$ 0,5	2,8 $\pm$ 0,4	2,4 $\pm$ 0,4	2,1 $\pm$ 0,3	1,8 $\pm$ 0,2	0.1242
HDL cholesterol	0,8 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,2	0.1005
Total cholesterol	6,4 $\pm$ 0,9	6,1 $\pm$ 0,9	5,6 $\pm$ 0,9	5,1 $\pm$ 0,9	4,5 $\pm$ 0,9	0.1245
Triglycerides	3,2 $\pm$ 1,1	3,0 $\pm$ 0,9	2,6 $\pm$ 0,8	2,1 $\pm$ 0,6	1,7 $\pm$ 0,4	0.0012
Glycosylated Hb (%)	8,0 $\pm$ 1,0	7,6 $\pm$ 1,0	7,1 $\pm$ 1,0	6,5 $\pm$ 1,0	5,9 $\pm$ 1,0	0.0040

Source: Medical records. Hb: Hemoglobin, LDL: Low-density lipoprotein, HDL: High-density lipoprotein

Table 4. Exercise test variables in relation to time of the RP.

Variables (mmol/l)	Mean $\pm$ standard deviation					p value
	Baseline	6 months	12 months	18 months	24 months	
SBP (mmHg)	131,5 $\pm$ 8,8	127,1 $\pm$ 8,1	120,8 $\pm$ 8,2	114,8 $\pm$ 7,4	105,5 $\pm$ 15,6	0.1058
DBP (mmHg)	83,4 $\pm$ 8,7	81,4 $\pm$ 7,7	75,8 $\pm$ 7,0	71,5 $\pm$ 6,3	67,5 $\pm$ 5,0	0.1257
Heart rate (bpm)	73,4 $\pm$ 9,4	70,7 $\pm$ 8,5	67,4 $\pm$ 7,8	63,9 $\pm$ 8,2	60,6 $\pm$ 6,3	0.5628
VO2 Max (%)	22,1 $\pm$ 1,5	22,6 $\pm$ 1,4	23,2 $\pm$ 1,4	23,8 $\pm$ 1,4	24,6 $\pm$ 1,4	0.0016
Energy consumption (METs)	6,2 $\pm$ 0,5	6,4 $\pm$ 0,5	6,6 $\pm$ 0,4	6,8 $\pm$ 0,5	7,1 $\pm$ 0,4	0.0028

Source: Medical records.

This improvement in functional capacity is closely related to the correct implementation of the physical training, following the method of intervals and complying with its principles properly²¹.

Our results were similar to those found by Chudyk and Petrella²², who believe that the improvement in cardiorespiratory fitness and exercise tolerance lead to beneficial hemodynamic and metabolic results. Conversely, Bhattacharyya *et al*²³, in their study, found no beneficial results, because when using a resistance exercise protocol in diabetic patients, no change occurred in the chemical and hemodynamic variables under study.

For a rehabilitation program to be effective, in type 2 diabetes, it should include exercises of moderate intensity and a high level of strength training, in order to achieve an improvement in cardiorespiratory fitness, muscle strength and the different physiological and biochemical parameters²⁴.

CONCLUSIONS

After the rehabilitation program in patients with T2DM, it was possible to improve the control of their disease and the associated risk factors.

REFERENCES

1. Hassain P, Kavar B, El Nahas M. Obesity and diabetes in developing world: a growing challenge. *N Engl J Med*. 2007;356(3):213-5.
2. Nathan DM, Buse JB, Davidson MB, Ferrannini E, Holma RR, Sherwin R, *et al*. Management of hyperglycemia in type 2 diabetes: Update regarding thiazolidinediones: a consensus statement from the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes. *Diabetes Care*. 2008;31(1):173-5.
3. Grundy SM. A changing paradigm for prevention of cardiovascular disease: emergence of the metabolic syndrome as a multiplex risk factor. *Eur Herth J Suppl*. 2008;10(Suppl B):16-23.
4. Palma Gámiz JL. La diabetes mellitus entendida como una enfermedad cardiovascular de origen metabólico. *Rev Esp Cardiol*. 2007;7(Supl H):12-9.
5. Pavkov ME, Bennett PH, Knowler WC, Krakoff J, Sievers ML, Nelson RG. Effect of youth-onset type 2 diabetes mellitus on incidence of end-stage renal disease and mortality in young and middle-aged Pima Indians. *JAMA*. 2006;296(4):421-6.
6. Fox CS, Coady S, Sorlie PD, D'Agostino RB, Pencina MJ, Vasan RS. Increasing cardiovascular disease burden due to diabetes mellitus: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2007;115(12):1544-50.
7. ADVANCE Collaborative Group, Patel A, MacMahon S, Chalmers J, Neal B, Billot L, *et al*. Intensive blood glucose control and vascular outcomes in patients with type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2008;358(24):2560-72.
8. Jennings AE, Alberga A, Sigal RJ, Jay O, Boulé NG, Kenny GP. The effect of exercise training on resting metabolic rate in type 2 diabetes mellitus. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(8):1558-65.
9. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, *et al*. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. *Circulation*. 2007;116(5):572-84.
10. Boulé NG, Kenny GP, Haddad E, Wells GA, Sigal RJ. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*. 2003;46(8):1071-81.
11. Ronald JS, Glen PK, Boule 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. *Ann Intern Med*. 2007;147(6):357-69.
12. Chin KH, Sathyasurya DR, Abu Saad H, Jan Mohamed HJ. Effect of ethnicity, dietary intake and physical activity on plasma adiponectin concentrations among Malaysian patients with type 2 diabetes mellitus. *Int J Endocrinol Metab*. 2013;11(3):167-74.
13. Lambers S, Van Laethem C, Van Acker K, Calders P. Influence of combined exercise training on indices of obesity, diabetes and cardiovascular risk in type 2 diabetes patients. *Clin Rehabil*. 2008;22(6):483-92.
14. Gerich JE. Type 2 diabetes mellitus is associated with multiple cardiometabolic risk factors. *Clin Cornerstone*. 2007;8(3):53-68.
15. Hu G, Jousilahti P, Barengo NC, Qiao Q, Lakka TA, Tuomilehto J. Physical activity, cardiovascular risk factors, and mortality among Finnish adults with diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28(4):799-805.
16. Barnett AH. The importance of treating cardiometabolic risk factors in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Vas Dis Res*. 2008;5(1):9-14.
17. Navas MC, Lugo HL, Ortiz DS. Estudio descriptivo del programa de rehabilitación cardíaca de la Clínica Las Américas. *Rev Colomb Cardiol*. 2011;18(4):

- 199-205.
- 18.Kadoglou NP, Iliadis F, Liapis CD, Perrea D, Angelopoulou N, Alevizos M. Beneficial effects of combined treatment with rosiglitazone and exercise on cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2007;30(9):2242-4.
- 19.Krousel-Wood MA, Berger L, Jiang X, Blonde L, Myers L, Webber L. Does home-based exercise improve body mass index in patients with type 2 diabetes? Results of a feasibility trial. *Diabetes Res Clin Pract*. 2008;79(2):230-6.
- 20.Bloomer RJ. Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise. *J Strength Cond Res*. 2005;19(4):878-82.
- 21.Pérez Coronal PL. Riesgo Cardiovascular. En: *Rehabilitación Cardíaca Integral*. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2009. p.69-82.
- 22.Chudyk A, Petrella JR. Effects of exercise on cardiovascular risk factor in type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2011;34(5):1228-37.
- 23.Bhattacharyya OK, Shah BR, Booth GL. Management of cardiovascular disease in patients with diabetes: the 2008 Canadian Diabetes Association guidelines. *CMAJ*. 2008;179(9):920-6.
- 24.Madden KM, Lockhart C, Cuff D, Potter T, Meneilly GS. Short-term aerobic exercise reduces arterial stiffness in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia. *Diabetes Care*. 2009;32(8):1531-5.