

Papel del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus

Role of physical exercise in persons presenting with diabetes mellitus

José Hernández Rodríguez^I; Manuel Emiliano Licea Puig^{II}

^I Especialista de I Grado en Endocrinología. Investigador Agregado. Profesor Auxiliar. Centro de Atención al Diabético. Instituto Nacional de Endocrinología (INEN). Ciudad de La Habana, Cuba.

^{II} Especialista de II Grado en Endocrinología. Investigador Titular. Investigador de Mérito. Profesor Auxiliar. Profesor Consultante. Centro de Atención al Diabético. INEN. Ciudad de La Habana, Cuba.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: el ejercicio físico constituye uno de los métodos más antiguos empleado en el tratamiento de la diabetes mellitus, y es uno de sus pilares fundamentales junto con la dietoterapia, la educación diabetológica y el empleo de fármacos normoglucemiantes o hipoglucemiantes.

OBJETIVOS: discutir los aspectos más relevantes del papel del ejercicio físico en las personas con diabetes mellitus.

DESARROLLO: se recomiendan los ejercicios aerobios en la diabetes mellitus, aunque actualmente el uso de ejercicios de resistencia con pequeñas cargas no está contraindicado en los diabéticos no complicados. Su práctica sistemática trae múltiples beneficios al paciente con diabetes mellitus, entre los que se destaca la mejoría del control metabólico, así como el retraso en la aparición de enfermedades cardiovasculares y la mejoría en el bienestar y la calidad de vida de aquellos que lo practican, entre otros. Además, en los no diabéticos puede ayudar a prevenir la enfermedad. El realizar ejercicio no está exento de riesgos, en particular en aquellos con complicaciones. La hipoglucemia es la complicación observada con mayor frecuencia, situación que puede ser prevenida ajustando el régimen terapéutico (dieta y fármacos). Está contraindicada la actividad física en diabéticos descompensados, porque empeora el estado metabólico. La práctica de deportes extremos de alta peligrosidad no es recomendada en los pacientes con diabetes mellitus.

CONCLUSIONES: el ejercicio físico es un pilar fundamental en el tratamiento de la diabetes mellitus, incluso en su prevención.

Palabras clave: ejercicio físico, diabetes mellitus, control metabólico, prevención.

ABSTRACT

INTRODUCTION: physical exercise is one of the more ancient methods used in treatment of diabetes mellitus and it is one of its fundamental pillars together with dietary therapy, diabetes education and the use of normoglycemic and hypoglycemic drugs.

OBJECTIVES: to discuss on the more relevant features of the physical exercise role in persons presenting with diabetes mellitus.

DEVELOPMENT: in cases of diabetes mellitus, the aerobic exercises are recommended, although nowadays the use of resistance exercises with small loads is not contraindicated in non-complicated diabetic patients. Its systemic practice has many benefits for the diabetes mellitus patient including the improvement of metabolic control, as well as a delay in appearance of cardiovascular diseases and the improvement of wellbeing and quality of life of those practicing it. Also, in non-diabetic persona it may to help to prevent the disease. Exercise practice is not free from risks particularly in those with complications. The hypoglycemia is the more frequent observed complication, a situation that may be prevented adjusting the therapeutical regime (diet and drugs). The physical activity is contraindicated in the diabetic persons with decompensation because of it worsen the metabolic status. The practice of high danger sports is not recommended in diabetes mellitus patients.

CONCLUSIONS: the physical exercise is a fundamental pillar in treatment of diabetes mellitus even in its prevention.

Key words: physical exercise, diabetes mellitus, metabolic control, prevention.

INTRODUCCIÓN

Los historiadores han señalado la relación existente entre el ejercicio físico y la diabetes mellitus (DM). En época tan remota como el año 600 a.C., el médico hindú *Sushruta* prescribió la actividad física en personas con esta enfermedad. Entre sus sucesores, que también estaban convencidos de los beneficios del ejercicio regular sobre la DM, se encontraban el romano *Celso* y el prominente doctor chino *Chao Yuan-Fang*, quien practicó durante la dinastía Sui en el año 600 d.C. Lo que estos médicos observaron en los pacientes con DM fue, una mejor sensación de bienestar,¹ que quizás fuera expresión de un mejor control de la glucemia. Cuando *Lawrence* en 1926, observó que la actividad física mejoraba el efecto hipoglucémico de la insulina administrada, el ejercicio regular se convirtió en un elemento clave para la tríada en el tratamiento de la diabetes: insulina, ejercicio y dieta descrito por *Joslin* en 1959.

La actividad física está definida como el movimiento corporal producido por la contracción de los músculos esqueléticos, que requiere un gasto de energía en

exceso. El ejercicio es considerado un subconjunto de actividad física: el movimiento planeado, estructurado, repetitivo y corporal realizado para mejorar o mantener a uno o más componentes de una buena salud. El ejercicio aerobio consta de movimientos rítmicos, repetidos y continuos de grupos musculares grandes, al menos 10 min; ejemplo, caminar, montar en bicicleta, trotar, nadar, entre otros deportes. El ejercicio de resistencia consta de actividades que usan la fuerza muscular para mover un peso en contra de una carga resistente; ejemplo, el levantamiento de pesas y los ejercicios en los cuales se utilizan máquinas de peso.²

El individuo joven con buen control metabólico de su DM, con toda seguridad puede participar en la mayoría de las actividades físicas. Aquellos de mediana edad y los ancianos con DM, deben también mantener una actividad física sistemática, siempre con asesoría médica. El proceso de envejecimiento facilita la degeneración de los músculos, los ligamentos, los huesos, y las articulaciones, y el desuso de estos órganos y la DM pueden exacerbar estas alteraciones.³

El ejercicio físico debe ser aerobio en las personas con DM, este incrementa la sensibilidad a la insulina y el consumo de glucosa muscular y hepática, influye favorablemente sobre el control metabólico.⁴⁻⁶ Se debe tener presente, que la indicación del tipo de ejercicio, la intensidad y la duración debe ser personalizado, con el propósito de evitar posibles riesgos.⁷ Además, a la ejercitación activa se debe agregar un enfoque recreativo, lo que la hace más atractiva y aumenta la adhesión a esta actividad.

Considerando los muchos efectos preventivos y curativos de la actividad física, el cuidado primario de los profesionales de la salud debería basarse en la promoción de la práctica de ejercicio físico entre personas afectadas por enfermedades crónicas,^{8,9} no solo de DM.

El ejercicio regular ha sido indicado para mejorar el control de la glucosa sanguínea, reducir los factores de riesgo cardiovascular, contribuir a la pérdida de peso, aumentar la sensibilidad a la insulina y proporcionar una sensación de bienestar general. Además, el ejercicio regular puede impedir la aparición de la DM tipo 2 en personas con riesgo de padecerla.^{10,11}

Las intervenciones estructuradas de la práctica de ejercicio. al menos durante 8 semanas, evidencia una disminución promedio de 0,66 % de los niveles de la hemoglobina glicosilada 1c (Hb A1c) en personas con DM tipo 2, aun sin cambios significativos del índice de masa corporal (IMC).¹² Los niveles más altos de intensidad del ejercicio físico se asocian con mejoras mayores en la reducción de los niveles de HbA1c y en la adaptabilidad a este.¹³ Los resultados antes señalados se han tratado de explicar por varios mecanismos, entre los que se destacan el desplazamiento de los receptores de la insulina hacia la superficie celular y la disminución de los lípidos en el músculo esquelético.¹⁴ Tanto el ejercicio de resistencia como el aerobio son capaces de mejorar la sensibilidad a la insulina,¹⁵ así como otros aspectos de vital importancia para el individuo con diabetes y que se señalan más adelante.

EJERCICIO EN CONDICIONES FISIOLÓGICAS

Durante la actividad física, el organismo aumenta el consumo de oxígeno de manera considerable, lo que es mayor en los músculos en funciones. Bajo estas condiciones, el músculo esquelético utiliza sus propias reservas de glucógeno, triglicéridos, y también de los ácidos grasos libres (AGL) y la glucosa liberada por el

hígado. Los niveles de glucosa en sangre son mantenidos de modo adecuado durante la actividad física para conservar la función del sistema nervioso central. La hipoglucemia durante la actividad física rara vez ocurre en personas no diabéticas. Los ajustes metabólicos que conservan la normoglucemia durante la actividad física están hormonalmente mediados. Una disminución de la insulinemia y la presencia de glucagón plasmático parecen ser menester para el incremento temprano en la producción hepática de glucosa con la actividad física. Durante el ejercicio prolongado, los incrementos en los niveles de glucagón plasmáticos y catecolaminas plasmáticas parecen desempeñar un papel crucial.³

Los efectos beneficiosos de la actividad física sobre la sensibilidad a la insulina parecen ser el resultado final de la suma de los efectos específicos sobre el contenido de los receptores GLUT 4, capacidad oxidativa y densidad capilar del músculo esquelético.¹⁶ Datos preliminares sugieren que el transporte de glucosa independiente de la insulina inducidos por el ejercicio, está promovido por el aumento de la producción endotelial y muscular de óxido nítrico [ON].^{17,18} Por lo tanto, el ejercicio físico puede mejorar los niveles de ON y también la disfunción endotelial observada en las personas con DM.¹⁹

ORIENTACIONES GENERALES PARA LA PRÁCTICA DE EJERCICIOS EN EL DIABÉTICO

Antes de aumentar los patrones usuales de actividad física o desarrollar un programa de ejercicios, el individuo con DM debe someterse a una evaluación médica detallada y a los estudios diagnósticos apropiados. Este examen clínico debe dirigirse a identificar la presencia de complicaciones macrovasculares y microvasculares, porque en dependencia de la severidad de estas, pueden empeorarse.³

Es importante que todo diabético incluido en un programa de ejercicio preste atención en mantener una hidratación adecuada. Los estados de deshidratación pueden afectar de manera negativa los niveles de la glucemia y función del corazón. Se recomienda antes de iniciar la actividad física la ingestión de líquidos (17 onzas de fluido consumidas 2 h antes de iniciar la actividad física). Durante la actividad física, los líquidos deben ser administrados temprano y de modo frecuente, en una cantidad suficiente para compensar las pérdidas a través del sudor, lo que se refleja en la reducción del peso corporal. Estas medidas resultan de mayor relevancia si los ejercicios se realizan en ambientes extremadamente calientes.³

Las personas deben ser adiestradas para monitorear estrechamente el cuidado de los pies, para evitar el desarrollo de ampollas o cualquier otro daño potencial. Los pies deben ser revisados de manera sistemática antes y después de la actividad física,²⁰ cuestión esta de vital importancia.

Una recomendación estándar para las personas con DM, al igual que para los no diabéticos, es que el programa de ejercicios incluya un período adecuado de calentamiento y enfriamiento. El calentamiento consiste en la realización de 5 a 10 minutos de actividad aerobia (caminar, pedalear, entre otros), con una intensidad baja. La sesión de calentamiento está dirigida a preparar de manera adecuada los músculos, el corazón y los pulmones, para el aumento progresivo de la intensidad del ejercicio. A continuación, los músculos deben estirarse suavemente durante otros 5 a 10 min. El estiramiento muscular se concentrará en el grupo de músculos que van a ser utilizados en la sesión activa de ejercicios. Sin embargo, vale aclarar

que lo óptimo es calentar todos los grupos musculares. El calentamiento activo puede llevarse a cabo antes o después del estiramiento. Luego de la sesión activa, el enfriamiento debe estructurarse de manera similar al calentamiento. El enfriamiento debe durar al menos de 5 a 10 min, e ir reduciendo la frecuencia cardiaca de modo gradual hasta los niveles del inicio del ejercicio.²⁰

Según las Guías de la Asociación Latinoamericana de Diabetes [ALAD],²¹ un programa de ejercicio para las personas con DM tipo 2 debe aspirar a obtener las metas siguientes:

- A corto plazo: cambiar el hábito sedentario, mediante caminatas diarias al ritmo del paciente.
- A mediano plazo: la frecuencia mínima deberá ser tres veces por semana en días alternos, con una duración mínima de 30 min cada vez.
- A largo plazo, aumento en frecuencia e intensidad, conserva las etapas de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento. Se recomienda el ejercicio aerobio (caminar, trotar, nadar, ciclismo, entre otros).

En general, es recomendable una actividad física regular de intensidad moderada, preferiblemente ejercicios aerobios, con una duración de 30 min diarios y una frecuencia de 3 o 4 d a la semana.²² Otros investigadores recomiendan que estas personas acumulen a diario 30 min de actividad física de intensidad moderada.

El Colegio Americano de Medicina Deportiva actualmente recomienda incluir ejercicios de resistencia y han desarrollado programas de adaptabilidad para adultos con DM tipo 2.²³ *Dustan* y otros,²⁴ así como *Castaneda* y otros²⁵ confirmaron la utilidad de los ejercicios de resistencia en las personas con DM tipo 2.

Los ejercicios de resistencia con el uso de pequeños pesos pueden indicarse en personas jóvenes con DM, pero no es recomendable en sujetos mayores o con DM de larga evolución. Los programas moderados de entrenamiento que utilizan pesos ligeros y las altas repeticiones, pueden ser útiles para mantener y realzar la fuerza del tren superior del cuerpo,³ fundamentalmente. No obstante, en personas con DM, se debe apreciar si presenta alguna complicación crónica en un estadio avanzado que pueda contraindicar el ejercicio de resistencia.

Es importante tener presente algunos lineamientos generales, útiles en la regulación de la respuesta de la glucemia a la actividad física, entre los que se pueden señalar:³

1. Control metabólico antes del ejercicio.

- Evitar realizar ejercicios, si la glucemia en ayunas es > 250 mg/dL (13,8 mmol/L), si se confirma una cetosis presente; o si la glucemia es > 300 mg/dl (16,6 mmol/L), independientemente que haya o no una cetosis o cetoacidosis.
- Ingerir carbohidratos antes del ejercicio si la glucemia es < 100 mg/dL (5,5 mmol/L).

2. Monitorear la glucosa sanguínea antes y después del ejercicio (o durante si se considera necesario).

- Identificar el momento que es necesario modificar la ingesta de alimentos o la dosis de insulina.
- Aprender cuál es la respuesta glucémica ante diferentes condiciones del ejercicio.

3. Ingesta de alimentos.

- Consumir carbohidratos de absorción rápida cuando sea necesario para evitar cuadros de hipoglucemia.
- Disponibilidad de alimentos (carbohidratos) durante y al finalizar el ejercicio.

Resumiendo, las personas con DM deberían hacer al menos 150 min o más a la semana, de actividad física aerobia de intensidad moderada (50-70 % de ritmo cardíaco máximo) y realizar entrenamiento de resistencia 3 veces por semana, a menos que esté contraindicado por la presencia de alguna complicación.^{11,26}

EJERCICIO EN LA DIABETES MELLITUS TIPO 1

Las adaptaciones hormonales están esencialmente perdidas en personas con deficiencia de insulina (DM tipo 1). Como consecuencia, cuando estas personas tienen muy poco de insulina en su circulación debido a una terapia insulínica inadecuada y(o) una liberación excesiva de hormonas contrainsulínicas durante la actividad física, pueden aumentar los niveles de la glucemia y de los cuerpos cetónicos; lo que puede conducir a cetosis o cetoacidosis diabética. Inversamente, la presencia de niveles altos de insulina, debido a la administración exógena de insulina, puede atenuar o impedir la movilización aumentada de glucosa y de otros sustratos inducidos por la actividad física y, por lo tanto, se pueden producir cuadros de hipoglucemia.³

Los niveles de actividad física, el desempeño deportivo, competitivo y profesional, pueden ser realizados por personas con DM tipo 1 sin complicaciones y que tengan, además, un buen control de los niveles de glucemia. La habilidad para ajustar el régimen terapéutico (insulina y nutrición) permite una participación segura y un alto desempeño de la actividad física, lo que evidentemente está relacionado con el nivel de educación sobre diabetes que posea el paciente.

En la actualidad, es cada vez más frecuente la indicación de regímenes intensivos de insulino terapia (dosis múltiples de insulina), lo que ha permitido un mejor control metabólico y flexibiliza los ajustes de las dosis de insulina para las diferentes actividades físicas. Este proceder, unido a la administración suplementaria de carbohidratos de absorción rápida cuando se considere necesario en relación con el tipo e intensidad del ejercicio, crea las bases para una actividad física adecuada a las necesidades y posibilidades de cada paciente.

Para personas con diabetes tipo 1, el énfasis debe estar dirigido a ajustar un régimen terapéutico que permita la participación segura de toda forma de actividad física, teniendo en consideración los deseos del individuo y las metas a alcanzar.

Cuando las personas con DM tipo 1 dejan de administrarse insulina por 12 a 48 h y presentan cetosis, el ejercicio puede empeorar la hiperglucemia y la cetosis.²⁷

EJERCICIO EN LA DIABETES MELLITUS TIPO 2

Existen preocupaciones similares a las de la DM tipo 1 en personas con DM tipo 2 tratadas con insulina o sulfonilureas con respecto a la hipoglucemia. Sin embargo, en general, la hipoglucemia durante la actividad física tiende a ser un problema menor en esta población. Ciertamente, en personas con DM tipo 2, la actividad física puede mejorar la sensibilidad a la insulina y contribuir a disminuir los elevados niveles de glucosa en sangre a un rango normal, así como reducir el consumo de fármacos normoglucemiantes o hipoglucemiantes.³

Existen suficientes pruebas en la literatura que justifican la indicación del ejercicio físico, como una herramienta terapéutica efectiva en la prevención y el tratamiento de la DM tipo 2. Diferentes estudios de intervención han demostrado que en los pacientes con tolerancia alterada a la glucosa, los programas de dieta y ejercicio disminuyen en 60 % el riesgo de desarrollar DM tipo 2.²⁸⁻³⁰

En sujetos con DM tipo 2 la dieta y el ejercicio físico producen pérdida de peso, lo que favorece la reducción del uso y la dosificación de los hipoglucemiantes o los normoglucemiantes orales y(o) de la insulina significativamente mayor que si se utiliza solo dieta.³¹

Se ha confirmado que la intervención a través de ejercicio físico es efectiva en reducir el índice de masa corporal (IMC), los niveles de HbA1c, el riesgo coronario y el costo del tratamiento en sujetos con DM tipo 2. Además, se ha observado una correlación estadísticamente significativa entre la cantidad de la actividad física voluntaria y los efectos beneficiosos que reporta.³² Datos de la literatura demuestran que modestos incrementos de la actividad física disminuyen la mortalidad en sujetos con DM tipo 2.³³

Boulé y otros¹² realizaron un metaanálisis y una revisión sistemática de los efectos de intervenciones estructuradas de ensayos clínicos de ejercicio físico con una duración de 8 semanas, y sus efectos sobre los niveles de HbA1c y la masa corporal en personas con DM tipo 2. Se incluyeron 12 estudios de entrenamiento aerobio y 2 que entrenaban resistencia. Posterior a la intervención, los niveles de HbA1c resultaron significativamente inferiores en los grupos de ejercicio, cuando se compararon con los controles. El análisis de regresión confirmó que el efecto beneficioso del ejercicio sobre los niveles de HbA1c, fue independiente de cualquier efecto sobre el peso corporal. Por consiguiente, los programas estructurados de ejercicio tuvieron un efecto beneficioso significativo, desde los puntos de vista estadístico y clínico en el control de la glucemia y no fue mediado por la pérdida de peso.

Boulé y otros,¹³ posteriormente, realizaron un metaanálisis de las interrelaciones entre el volumen del ejercicio de intensidad moderada y el de intensidad superior, el cambio en la adaptabilidad de tipo cardiorrespiratorio, y las alteraciones de la HbA1c. Este metaanálisis confirmó, que el ejercicio aerobio de intensidad superior en personas con DM tipo 2 mejora los niveles de HbA1c. Esos resultados proveerían un soporte alentador para las personas con DM tipo 2 que ya practican ejercicios de intensidad moderada, para obtener prestaciones adicionales en relación con el control de la adaptabilidad aerobia y de la glucemia.

BENEFICIOS DEL EJERCICIO FÍSICO EN EL DIABÉTICO

Los beneficios del ejercicio físico aerobio y de resistencia, han sido descritos por varios investigadores. A continuación se expone un resumen de estos:^{34,35}

- Mejoría de la sensibilidad a la insulina, lo que disminuye la insulinemia basal y posprandial.
- Aumento de la utilización de glucosa por el músculo, esto contribuye a evitar la hiperglucemia.
- Reducción de las necesidades diarias de insulina o de las dosis de hipoglicemiantes o normoglicemiantes orales.
- Mejoría en los estados de hipercoagulabilidad y las alteraciones de la fibrinólisis.
- Mejoría de la respuesta anormal de las catecolaminas al estrés.
- Aumento del gasto energético y de la pérdida de grasa, que contribuye a controlar el peso corporal y evita la obesidad.
- Mejoría en general de la presión arterial y función cardiaca.
- Contribución a mejorar los niveles de las lipoproteínas de alta densidad (HDL-colesterol) y a disminuir los niveles de colesterol total y de los triglicéridos.
- Reducción de la incidencia de algunos tipos de cáncer.
- Disminución de la osteoporosis.
- Preservación del contenido corporal de la masa magra, aumento de la masa muscular y de la capacidad para el trabajo.
- Aumento de la elasticidad corporal.
- Contribución a mejorar la imagen corporal.
- Mejoría de la sensación de bienestar y la calidad de vida.
- Evita la ansiedad, la depresión y el estrés.
- Reducción a largo plazo del riesgo de complicaciones de la DM.

RIESGOS DEL EJERCICIO FÍSICO EN EL DIABÉTICO

Ciertos tipos de ejercicio están contraindicados en algunas enfermedades, como la hipertensión arterial no controlada, la neuropatía autonómica y periférica severa y la retinopatía diabética (preproliferativa o proliferativa), y en el edema macular o ante la presencia de hemorragia vítrea. La edad, la actividad física previa y el nivel de comprensión del paciente deben ser considerados cuando se va a indicar un programa de ejercicio físico.¹⁰

En personas que usan insulina y(o) secretagogos de insulina, la actividad física puede causar hipoglucemia, si la dosis de medicación o el consumo de

carbohidratos no es el adecuado. En estos casos se debe prescribir la ingestión de carbohidratos de absorción rápida, si los niveles de glucemia preejercicio son < 100 mg/dL (5,5 mmol/L).^{3,36}

La hipoglucemia es rara en las personas diabéticas que no son tratadas con secretagogos de insulina o insulina. Por lo que, ninguna de las medidas preventivas señaladas para la hipoglucemia usualmente se aconsejan en estos casos.¹¹

En las personas con DM tipo 2 afectados de retinopatía diabética proliferativa, el ejercicio físico, en particular aquellos que se acompañan de aumento de la presión intraabdominal, de movimientos bruscos de la cabeza o ejercicios isométricos (levantar peso), pueden provocar hemorragia en la retina o en el vítreo, lo cual pone en peligro la visión. Todo lo anterior obliga a realizar un estudio oftalmológico antes de incluir a un paciente diabético en un programa de ejercicios físicos.³⁷

También, el ejercicio físico se asocia a un incremento de la excreción urinaria de albúmina (EUA) en general, y en particular en personas con nefropatía diabética. Probablemente, estas alteraciones se deban a cambios de la hemodinámica renal. Basado en estas consideraciones, se deben realizar estudios de la función renal antes de incluir la actividad física en un diseño terapéutico en toda persona con DM.

En aquellos diabéticos con diagnóstico de nefropatía diabética incipiente, no se ha definido con precisión cuales son las limitaciones para la práctica de ejercicio físico. Por el contrario, los afectados de nefropatía diabética clínica a menudo tienen una aptitud reducida para la actividad física, lo cual conduce a autolimitación de esta actividad. Aunque no hay razón precisa para limitar una actividad física ligera (ejemplo, caminatas), por el contrario, se debe limitar la práctica de ejercicio de intensidad alta o extenuante. Es muy importante, en estos casos, el monitoreo de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca.³ Sin embargo, no hay pruebas contundentes que permitan afirmar que el ejercicio aumente la tasa de progresión de la enfermedad renal diabética, y quizá no exista necesidad de restricciones específicas en personas con enfermedad renal diabética,³⁸ por lo menos en sus primeras etapas.

La neuropatía periférica diabética ha sido señalada como el precursor patológico más importante en el desarrollo de úlceras plantares. Las atrofiaciones musculares, las deformidades podálicas, la anormal distribución de la presión plantar, y los déficit en el modo de andar, son causados por este tipo de neuropatía, por lo que hay que ser muy cuidadoso al desarrollar un protocolo de ejercicios físicos en diabéticos afectados de neuropatía periférica.³⁹

La combinación de debilidad muscular y la pérdida de la percepción sensorial de información e integración, conducen al desequilibrio del modo de andar y al aumento de las presiones plantares. Las personas con DM son vulnerables a la ulceración plantar, favorecida por la presencia de deformidades óseas y puede afectarse la articulación del tobillo y su movilidad. La combinación de la pérdida de la sensibilidad, con la limitación de la movilidad del tobillo, y con la debilidad muscular se asocian a un aumento de la incidencia de caídas, ulceración, y amputación en la personas con neuropatía periférica diabética.⁴⁰⁻⁴⁶ Cada protocolo de ejercicio para este tipo de persona, debe limitar todas las acciones durante el ejercicio que se acompañen de: presiones plantares altas, de incremento del dolor neuropático, y el estrés o fuerzas secundarias para la musculatura debilitada. Atendiendo a cada paciente en particular, debe permitirse un mínimo de opciones para el ejercicio de fuerza que incluye el uso de dinamómetro isokinético, ejercicios de resistencia, ejercicios en el agua y uso de bicicleta recostada. Un aspecto importante a considerar debe dirigirse a la modificación de la conducta, para

persuadir a participar y adherirse a desarrollar programas de ejercicios a pesar de sus posibles limitaciones.⁴⁰

En las personas que no tengan conservada la sensación protectora (sensitiva) de los pies, está contraindicado realizar caminatas prolongadas, trotar y los ejercicios de escaleras. Es recomendable en estos casos: nadar, montar bicicleta, remar, ejercicio sentado y ejercicios de brazos, entre otros. No obstante, el ejercicio físico mejorará el estilo de vida y el bienestar de las personas con neuropatía periférica diabética sin afectación sensitiva o motora, o ambas, de importancia.

La presencia de neuropatía autonómica, en particular la cardiovascular o la hipotensión ortostática, puede limitar la aptitud física y la actividad de un individuo y aumentar el riesgo de acontecimientos adversos (cardiovasculares) durante la actividad física. La muerte súbita, la isquemia o el infarto agudo de miocardio silente, se han asociado a la neuropatía autonómica cardiovascular en personas con DM. La hipotensión y la hipertensión después de la actividad física son más frecuentes en personas diabéticas con neuropatía autonómica, particularmente al iniciar un programa de ejercicios físicos. Algunas de estas personas pueden presentar alteraciones de la termorregulación, por lo que es aconsejable evitar desarrollar la actividad física en ambientes muy calientes o muy fríos, y estar vigilantes de que se desarrolle en un local con una humidificación adecuada.³

La enfermedad arterial periférica se caracteriza por la presencia de signos y síntomas de claudicación intermitente oclusiva. El tratamiento básico para estas personas está dirigido a erradicar el hábito de fumar e implementar un programa de ejercicios físicos, por supuesto supervisado por el personal médico. Recordar, que la presencia de pulsos pedios y tibial posterior no descarta la existencia de macroangiopatía, por lo que es necesario la realización de estudios hemodinámicos para confirmar o no el diagnóstico.³

En las personas con DM no se recomienda la práctica de ejercicios de alto riesgo donde el paciente no puede recibir auxilio de inmediato (alpinismo, aladeltismo y buceo, entre otros). Tampoco se debe indicar la realización de ejercicios físicos en aquellos con un mal control de su DM, porque el ejercicio empeora el estado metabólico, como se ha señalado antes.²⁶

Ciertamente, a los pacientes de alto riesgo se les debe permitir comenzar con períodos cortos de ejercicio de baja intensidad y a continuación ir incrementando la intensidad y la duración de modo lento y de manera progresiva. Los proveedores de salud deben contraindicar los ejercicios que predispongan a ocasionar lesiones, como ha sido comentado en párrafos anteriores.¹¹

APARATO CARDIOVASCULAR Y EJERCICIO EN EL DIABÉTICO

Estudios de cohorte han mostrado que los altos niveles de aptitud aerobia o de actividad física, se relacionan con una disminución de la mortalidad cardiovascular, mucho mayor de lo que podría explicarse solo por la disminución de los niveles de glucemia.⁴⁷

En personas con DM tipo 2, el síndrome de resistencia a la insulina continúa siendo un factor de riesgo importante para la enfermedad coronaria prematura, particularmente cuando concomitan con hipertensión arterial, hiperinsulinemia, obesidad central y otras anormalidades metabólicas (hipertrigliceridemia, HDL-

colesterol bajo, aumento de las lipoproteínas de baja densidad [LDL] y de los AGL [síndrome metabólico]).

La adaptabilidad aerobia disminuida en el diabético, se asocia a muchos de los factores de riesgo cardiovascular. La mejora de estos factores de riesgo se ha asociado con la disminución en los niveles de insulina en el plasma, y es probable que los efectos beneficiosos de la actividad física en el riesgo cardiovascular estén relacionados con la mejoría de la sensibilidad a la insulina.

La hipertensión arterial está asociada a la resistencia a la acción de la insulina en los tejidos periféricos. Los efectos de la actividad física en la reducción de la presión arterial han sido demostrados. Las deficiencias de la actividad fibrinolítica en el suero podrían contribuir a la patogénesis de la enfermedad coronaria y sus complicaciones. Estas alteraciones representan un riesgo potencial para las personas con DM, en las cuales los niveles de fibrinógeno plasmático son elevados y existe una mayor viscosidad sanguínea, lo que favorece el desarrollo de eventos aterotrombóticos.¹

Las personas con DM tipo 2 tienen deteriorada la actividad fibrinolítica asociada a los niveles elevados del inhibidor del activador del plasminógeno tipo 1 (PAI-1). Se ha demostrado que existe una relación entre fibrinólisis y adaptabilidad aerobia. No hay un consenso claro, si la actividad física mejora la actividad fibrinolítica en estas personas.

La actividad física regular suele ser efectiva en reducir niveles de triglicéridos y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). Sin embargo, sus efectos en cuanto a los niveles de LDL no han estado documentados de manera consistente. Con una excepción principal, la mayoría de los estudios no han podido demostrar una mejora significativa en niveles de HDL-colesterol en personas con DM tipo 2, quizá por las intensidades relativamente modestas de ejercicio utilizados.³

De interés particular resulta la actividad física encaminada a la pérdida de grasa intraabdominal, incluso sin pérdida de peso, si se tiene en consideración su estrecha asociación con anomalías metabólicas y aumento del riesgo cardiovascular.⁴⁸

Se señala que, los mecanismos por los cuales el ejercicio puede reducir la mortalidad en las personas con DM incluyen: disminución de la inflamación sistémica, mejoramiento del llenado diastólico temprano con disminución de la disfunción diastólica, incremento de la función vasodilatadora endotelial y reducción de la grasa visceral.⁴⁷

La utilidad de una prueba de esfuerzo antes de comenzar un programa de ejercicios es un tema controvertido. No hay evidencia de que sea necesario realizarla de manera rutinaria, en aquellas personas incluidas en actividades físicas de moderada intensidad, ejemplo caminatas; pero sí debe ser considerada en personas previamente sedentarias con un moderado o alto riesgo de enfermedad cardiovascular, que desean realizar ejercicios aerobios vigorosos que excedan las demandas de la vida diaria (cuadro 1).⁴⁷

Cuadro 1. Criterios para indicar prueba de esfuerzo antes de iniciar un programa de ejercicio en diabéticos con riesgo cardiovascular

- Edad > 35 años
- Edad > 25 años, si se trata de:
 - DM tipo 2 > 10 años de evolución
 - DM tipo 1 > 15 años de evolución
- Presencia de factores coronarios
- Presencia de enfermedad microvascular: retinopatía proliferativa, nefropatía (incluida la microalbuminuria)
- Enfermedad vascular periférica
- Neuropatía autonómica cardiovascular

Los estudios realizados en diabéticos adultos, utilizando cateterismo cardiaco, intervalos de tiempo sistólico, y angiografía con radionúcleotidos, han revelado una alta incidencia de disfunción cardiaca con el ejercicio, que aparentemente, es independiente de la enfermedad aterosclerótica. Los resultados histológicos de proliferación del endotelio, fibrosis miocárdica y engrosamiento basal capilar, apoyan también la existencia de una marcada miocardiopatía diabética. Estos resultados sugieren que "la disfunción del miocardio (durante la infancia y la adolescencia) podría ser el puerto de partida de la miocardiopatía severa de la DM de larga evolución".¹

Resulta evidente que, el riesgo de enfermedad cardiovascular puede ser reducido en 35 a 55 % a través de la adopción y el mantenimiento de un estilo de vida activo.⁴⁹

Existe una serie de factores de riesgo coronario que pueden mejorar significativamente con la práctica sistemática de ejercicio físico. Por lo tanto, la actividad física debe estar incluida en todo programa de prevención de afecciones cardiovasculares, así como de otras enfermedades crónicas (cuadro 2).

Cuadro 2. Factores de riesgo coronario que pueden modificarse con la práctica de ejercicio físico

- Hiperglucemia
- Hiperinsulinemia (ayunas y posprandial)
- Insulinorresistencia
- Aumento de los niveles de colesterol LDL y VLDL
- Hipertrigliceridemia
- Estados de hipercoagulabilidad y alteraciones de la fibrinólisis
- Respuesta anormal de las catecolaminas al estrés: hipertensión arterial (ligera o moderada)
- Obesidad
- Estrés psicológico

PREVENCIÓN DE LAS HIPOGLUCEMIAS DURANTE EL EJERCICIO

La hipoglucemia es el factor limitante principal en el control de la glucemia del diabético tipo 1 y tipo 2 tratado con insulina.⁵⁰ Esta puede ocurrir durante la actividad física, inmediatamente después, o muchas horas después de su realización, y puede ser evitada. Eso requiere que el paciente tenga un conocimiento adecuado de las respuestas metabólicas y hormonales que produce la actividad física en su organismo.

Aquellos que reciben insulina o drogas que estimulan la secreción endógena de insulina deben determinar su glucosa sanguínea capilar antes, después y varias horas después de finalizada una sesión de ejercicios, al menos hasta que conozcan su habitual respuesta glucémica a la actividad. Para aquellos que presentan una tendencia a la hipoglucemia durante o después del ejercicio se pueden aplicar varias estrategias, entre las que se pueden señalar: reducción de las dosis de insulina o drogas que estimulan la secreción de insulina, consumir porciones extras de carbohidratos (absorción rápida) antes o durante los ejercicios prolongados, o combinar ambas estrategias.⁴⁷

La persona diabética que realiza ejercicios en un estado de buen control metabólico (niveles adecuados de insulina y concentración normal de glucosa sanguínea), normalmente, muestra una disminución gradual de la glucosa plasmática con el ejercicio prolongado, la que puede producir de modo eventual una hipoglucemia sintomática. En esta situación, el consumo de glucosa por el músculo aumenta en forma adecuada, pero los niveles de azúcar en sangre disminuyen, porque la ausencia de una disminución de la insulina plasmática inducida por ejercicio inhibe la producción de glucosa hepática, así como la movilización de los AGL desde las reservas de lípidos. Es decir, la maquinaria del ejercicio funciona normal, pero la línea de aporte de energía está cortada.¹

Varios factores determinan el grado de la disminución de la glucosa sanguínea y el riesgo de hipoglucemia. La caída de la glucosa en sangre se precipita más, si el

ejercicio se realiza en el momento de la acción pico de la insulina inyectada. Existen datos que indican que la tasa de absorción de insulina es magnificada, y que la tasa de disminución de glucosa sanguínea es mayor, si la inyección se realiza en el miembro en ejercicio. Por ejemplo, se podría recomendar que los corredores se inyecten la insulina en el abdomen antes del ejercicio, y no en el muslo. Cuanto más tardío sea el ejercicio luego de la inyección, es menos probable que este efecto ocurra. Además, en algunos pacientes se pueden producir bajos niveles de glucosa sanguínea hasta 15 a 31 h luego de terminado el ejercicio, expresión del efecto del continuo consumo de glucosa por las células musculares que han hecho ejercicio, en la medida en que reponen sus reservas intracelulares de glucosa.^{1,51,52}

Medidas a tomar en la prevención de hipoglucemias en los diabéticos insulino-tratados incluidos en un programa de ejercicio.¹⁹

- Inyectar insulina regular o análoga de acción ultrarrápida en la región subcutánea abdominal.
- Disminuir la dosis de insulina regular o de análogos de acción ultrarrápida en 10 a 40 % antes del ejercicio, en dependencia de la duración y la intensidad de la sesión.
- Efectuar el plan de ejercicio, 3 a 4 h después de la inyección de insulina regular o 2 h después de la inyección de análogos de insulina de acción ultrarrápida.
- Comprobar la glucosa en sangre antes de iniciar la sesión de ejercicios.
- Ingerir de 20 a 60 g de carbohidratos sencillos antes de comenzar, si su glucosa en sangre es < 120 mg % (6,6 mmol/L).
- Atrasar la sesión de ejercicio antes de comenzar, si su glucosa sanguínea es < 80 mg % (4,4 mmol/L).
- Suplementar con 20 a 60 g de carbohidratos simples, cada 30 min, durante el ejercicio de intensidad moderada o de alta de intensidad.
- Comprobar la glucemia después de 30 min del ejercicio.
- Disminuir la insulina que se administra habitualmente después del ejercicio, si usa insulina regular o análoga de acción ultrarrápida de antes de la siguiente comida, en 10 a 30 %.

Siguiendo las recomendaciones de la ADA para un ejercicio de moderada intensidad, la ingestión adicional de 2 a 3 mg/kg/min de carbohidratos es suficiente. Ejemplo, una persona de 70 kg, precisaría de 10 a 15 g de carbohidratos por hora de ejercicio moderado. Para ejercicios de actividad intensa puede ser necesaria mayor cantidad de carbohidratos.¹⁰

Situaciones especiales

Ejercicio en el anciano diabético

Existe un cúmulo de evidencias, las cuales sugieren que la pérdida progresiva en la condición física de la masa muscular y de la fuerza que acompañan el proceso de

envejecimiento, es prevenible si se realizan ejercicios físicos regularmente. La reducción de la sensibilidad a la insulina que se observa durante el envejecimiento, también se debe en gran parte a la falta de actividad física. La población en riesgo de DM tipo 2 es más susceptible a tener bajos niveles de actividad física. Algunos estudios han confirmado en adultos mayores una buena respuesta al entrenamiento físico, expresado por una mejoría del control metabólico. En esta población, la adherencia a los programas de ejercicios físicos fue similar a la observada en la población general. Estas actividades pudieran influir de modo positivo en la prevención de las enfermedades crónicas; ejemplo, DM, hipertensión arterial, y el síndrome metabólico, entre otras.²⁵

Ejercicios para las mujeres embarazadas diabéticas

En los embarazos no complicados por la presencia de DM, los riesgos y los beneficios del ejercicio aún son desconocidos. Una revisión *Cochrane*⁵³ concluyó que el ejercicio aerobio regular parece mejorar (o mantener) la aptitud física, pero los datos disponibles son insuficientes para excluir beneficios o riesgos importantes para la madre y el bebé. Estas conclusiones pueden no aplicarse a las mujeres embarazadas con DM, y el efecto del ejercicio puede variar según el tipo de esta.

Las mujeres embarazadas diabéticas tipo 1, bien controladas pueden obtener beneficios con la actividad física regular, siempre que conozcan cómo ajustar su dosis de insulina y la ingesta de carbohidratos.⁵⁴ Aquellas con control deficiente de su glucemia, deben evitar hacer ejercicio por el mayor riesgo de presentar hiperglucemia, cetoacidosis y empeoramiento de las complicaciones vasculares.⁵⁵

El ejercicio, la dieta y la pérdida de peso (así como la insulina cuando es necesaria) forman parte del tratamiento de la mujer embarazada con DM tipo 2. Los efectos de la dieta y la insulina se evaluaron recientemente en otra revisión *Cochrane*.⁵⁶ El efecto bioquímico del ejercicio (sumado a la dieta y la insulina) en mujeres no embarazadas con DM tipo 2, es la normalización de los niveles de glucemia.²⁸ Estas observaciones sugieren que durante el embarazo, el ejercicio también puede reducir el riesgo de complicaciones relacionadas con la hiperglucemia y los niveles altos de insulina, entre ellas la macrosomía (feto grande según su edad), parto traumático, síndrome de dificultad respiratoria, hipoglucemia neonatal e hipocalcemia.

El ejercicio físico regular puede normalizar la glucemia materna en las mujeres embarazadas con DM gestacional; si se considera que el tratamiento inicial de estas mujeres es la dieta, el agregado de actividad física puede, como en la DM tipo 2, evitar la administración de insulina. Este beneficio puede ser de relevancia para las mujeres embarazadas renuentes a comenzar con las inyecciones de insulina subcutáneas, sobre todo cuando se considera que la DM gestacional se resuelve, en general, de modo espontáneo luego del parto.⁵⁵

No obstante, en una revisión *Cochrane* que abarcó cuatro ensayos clínicos, con un total de 114 mujeres embarazadas con DM gestacional; incluidas durante el tercer trimestre de gestación y la intervención se realizó aproximadamente durante 6 semanas. Los programas consistían, en general, en realizar ejercicios tres veces por semana, durante 20 a 45 min. No se encontró diferencia significativa entre los regímenes de ejercicio y los demás, en cualquiera de los resultados evaluados.⁵⁵

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rowland TW. Actividad física y diabetes mellitus. PubliCE Standard. 20/11/2006. Pid: 733.
2. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion: Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; 1996.
3. American Diabetes Association. Physical Activity/Exercise and Diabetes. Diabetes Care. 2004;27(Suppl. 1):S47-S54.
4. American Diabetes Association. Diabetes mellitus and exercise. Diabetes Care. 1999;22(Suppl 1):s49-s53.
5. OMS-OPS. Disminuyamos el costo de la ignorancia. Comunicación para la Salud 9. Washington, DC: OMS-OPS; 1996.
6. Secretaría de Salud. Norma oficial mexicana SSAO15- 2000, para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus. México: SSa; 2000.
7. Garcia de Alba JE, Salcedo AL. Beliefs and behaviours for the self care of diabetes mellitus type 2: study of consensus and applied cultural consonance. The Society for Applied Anthropology. Atlanta, Georgia: 62 th Meeting, March 7; 2002.
8. Chakravarthy MV, Joyner MJ, Booth FW. An obligation for primary care physicians to prescribe physical activity to sedentary patients to reduce the risk of chronic health conditions. Mayo Clin Proc. 2002;77(2):165-73.
9. Painter P. Exercise for patients with chronic disease: physician responsibility. Curr Sports Med Rep. 2003;2(3):173-80.
10. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes2007. Diabetes Care. 2007;30:S4-S41.
11. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes2009. Diabetes Care. 2009;32(Suppl 1):S13-S61.
12. Boulé NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. JAMA. 2001;286:1218-27.
13. 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;46:1071-81.
14. Consenso del Grupo de Trabajo. Resistencia a la Insulina de la Sociedad Española de Diabetes. La resistencia a la insulina y su implicación en múltiples factores de riesgo asociados a diabetes mellitus tipo 2. Med Clin (Barc). 2002;119:458-63.
15. Ivy JL. Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. Sports Med. 1997;24:321-36.

16. Hamdy O, Goodyear LJ, Horton ES. Diet and exercise in type 2 diabetes mellitus. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2001;30: 883-907.
17. Balon T, Nadler J. Evidence that nitric oxide increases glucose transport in skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 1997;82:359-63.
18. Roberts C, Barnard R, Scheck S. Exercise stimulated glucose transport in skeletal muscle is nitric oxide dependent. *Am J Physiol.* 1997;273:E220-E5.
19. De Feo P, Di Loreto CH, Ranchelli A, Fatone C, Gambelunghe G, Lucid P, et al. Exercise and diabetes. *Acta Biomed.* 2006;77(Suppl.1):14-7.
20. American College of Sports Medicine, American Diabetes Association. El ejercicio y la diabetes mellitus. *MSSE.* 1998;19(12):1-5.
21. ALAD. Guías ALAD de diagnóstico, control y tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2; 2007 [citado 12 Jun 2009]. Disponible en: http://www.alad-latinoamerica.org/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=2:guias-clnicas-alad&Itemid=68
22. González E, Pascual I, Laclaustra M, Casanovas JA. Síndrome metabólico y diabetes mellitus. *Rev Esp Cardiol.* 2006;5:30-7.
23. Albright A, Franz M, Hornsby G, Kriska A, Marrero D, Ulrich I, et al. American College of Sports Medicine position stand: exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1345-60.
24. Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, de Court S, Shaw J, et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2002;25:1729-36.
25. Castaneda C, Layne JE, Munoz L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2002;25:2335-41.
26. Barclay. Practice Guidelines Issued for Screening, Diagnosing, and Treating Diabetes CME/CE [citado 4 Mar 2008]. Disponible en: <http://www.medscape.com/viewarticle/568031?src=top10>
27. Berger M, Berchtold P, Cuppers HJ, Drost H, Kley HK, Muller WA, et al. Metabolic and hormonal effects of muscular exercise in juvenile type diabetics. *Diabetología.* 1977;13:355-65.
28. Tuomiletho J, Lindstrom J, Eriksson JG, Valle TT, Hamalainen H, Ilanne-Parikka P, et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med.* 2001;344:1343-50.
29. Diabetes Prevention Program Research Group: Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med.* 2002;346:393-403.
30. Pan XR, Li GW, Hu YH, Wang JX, Yang WY, An ZX, et al. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care.* 1997;20:537-44.

31. Horton ES. Role and management of exercise in diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 1988;11:201-11.
32. Di Loreto C, Fanelli C, Lucidi P. Make your diabetic patients walk: long-term impact of different amounts of physical activity on type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28:1295-302.
33. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002;346:793-801.
34. Lincea ML. Ejercicio. En Ó Lincea M, editor. *Tratamiento de la diabetes mellitus*. 2da. ed. Brasilia: Ed. IDEAL; 1995. p. 34-40.
35. Hayes Ch, Herbert M, Marrero D, Martin CL, Muchnick A. AADE Position Statement. *Diabetes and Exercise*. 2008;34(1):37-40.
36. Berger M. Adjustment of insulin and oral agent therapy. In: Ruderman N, Devlin JTSSH, Krisska A, editors. *Handbook of Exercise in Diabetes*. 2nd ed. Alexandria: VA. American Diabetes Association; 2002. p. 365-76.
37. American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes mellitus (Position Statement). *Diabetes Care*. 2003;26(Suppl 1.):S73-S77.
38. Mogensen CE. Nephropathy. In: Ruderman N, Devlin JT, Kriska A, editors. *Handbook of Exercise in Diabetes*. 2nd. ed. Alexandria: VA. American Diabetes Association; 2002. p. 433-49.
39. Yentes JM, Perell K. Diabetic Peripheral Neuropathy and Exercise. *Clin Kinesiol*. 2006;60(3):25-31.
40. Cavanagh PR, Derr JA, Ulbrecht JS, Maser RE, Orchard TJ. Problems with gait and posture in neuropathy patients with insulin-dependent diabetes mellitus. *Diabet Med*. 1992;9:469-74.
41. Cavanagh PR, Simoneau GG, Ulbrecht JS. Ulceration, unsteadiness and uncertainty: the biomechanical consequences of diabetes mellitus. *J Biomech*. 1993;26:23-40.
42. Fernando DJ, Masson EA, Veves A, Boulton AJ. Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulcerations. *Diabetes Care*. 1991;14:8-11.
43. Mueller MJ. Etiology, evaluation, and treatment of neuropathy foot. *Crit Rev Phys Rehab Med*. 1992;3:289-309.
44. Mueller MJ, Minor SD, Sahrman SA, Schaaf JA, Strube MJ. Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age matched controls. *Phys Ther*. 1994;74:299-313.
45. Richardson JK, Hurvitz EA. Peripheral neuropathy: a true risk factor for falls. *J Gerontol*. 1995;50A:211-5.

46. Simoneau GG, Ulbrecht JS, Derr JA, Becker MB, Cavanagh PR. Postural instability in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care*. 1994;17:1411-21.
47. Siga RJ, Kenny JP, Wasserman DH, Castañeda C, White RD. Physical Activity/Exercise and Type 2 Diabetes. A consensus statement from American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2006;29:1433-8.
48. Thomas DE, Elliott EJ, Naughton GA. Ejercicios para la diabetes mellitus tipo 2 (Cochrane Review). In: *La Biblioteca Cochrane Plus, Issue 3; 2008 CD002968* [citado 4 Jun 2009]. Disponible en: <http://www.update-software.com/BCP/BCPGetDocument.asp?DocumentID=CD002968>
49. Skerrett PJ, Manson JE. Reduction in risk of coronary heart disease and diabetes. In: Ruderman N, Devlin JT, Schneider SH, Kriska A, editors. *Handbook of Exercise in Diabetes*. Alexandria: VA. American Diabetes Association. 2002:155-181.
50. Cryer PE. Hypoglycemia: the limiting factor in the glycemic management of type I and type II diabetes. *Diabetologia*. 2002;45:937-48.
51. American Diabetes Association: standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28:34-6.
52. Guelfi KJ, Ratnam N, Smythe GA, Jones TW, Fournier PA. Effect of intermittent high-intensity compared with continuous moderate exercise on glucose production and utilization in individuals with type 1 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2007;292:E865-70.
53. Kramer MS. Aerobic exercise for women during pregnancy. *Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 2; 2002*.
54. Berger M, Berchtold P, Cuppers JH, Drost H, Kley HK, Muller WA, et al. Metabolic and hormonal effects of muscular exercise in juvenile type diabetics. *Diabetologia*. 1977;13(4):355-65.
55. Ceysens G, Rouiller D, Boulvain M. Ejercicio para las mujeres embarazadas diabéticas (Cochrane Review). In: *La Biblioteca Cochrane Plus Issue 3, CD004225; 2008* [citado 4 Jun 2009]. Disponible en: <http://www.update-software.com/BCP/BCPGetDocument.asp?DocumentID=CD004225>
56. Tuffnell DJ, West J, Walkinshaw SA . Tratamientos para la diabetes gestacional y la alteración de la tolerancia a la glucosa en el embarazo (Cochrane Review). In: *La Biblioteca Cochrane Plus, Issue 3, CD003395* [citado 4 Jun 2009]. Disponible en: <http://www.update-software.com/BCP/BCPGetDocument.asp?DocumentID=CD003395>

Recibido: 2 de diciembre de 2009.
Aprobado: 2 de febrero de 2010.

Dr. *José Hernández Rodríguez*. Instituto Nacional de Endocrinología. Centro de Atención al Diabético. Calle 17 No. 510, Vedado. CP 10400. Ciudad de La Habana, Cuba. Correo electrónico: pepehdez@infomed.sld.cu