
REVISIÓN

El ejercicio en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2

Exercise in the Treatment of Type 2 Diabetes Mellitus

Márquez Arabia JJ¹, Ramón Suárez G², Márquez Tróchez J³

¹Médico y Cirujano, Médico especialista en Medicina de la actividad física y el deporte. Docente e investigador del Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia; Medellín, Colombia; ²Médico y Cirujano; Doctor en Educación Física. Docente e investigador del Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia; Medellín, Colombia; ³Médico y Cirujano, Universidad Pontificia Bolivariana; Medellín, Colombia

RESUMEN

La Diabetes Mellitus Tipo 2 (DMT2) es una patología que se reporta en todo el mundo y genera una considerable morbilidad y mortalidad. Sus medidas epidemiológicas de frecuencia han aumentado globalmente en las últimas décadas y si no se toman medidas urgentes el problema crecerá con consecuencias relevantes. La prescripción adecuada del ejercicio aeróbico y de fuerza en el diabético es un pilar fundamental en su manejo, tratamiento, control y pronóstico y tiene múltiples beneficios, no solo en el control glicémico, sino también en parámetros cardiovasculares, metabólicos, antropométricos, psicosociales, e incluso mortalidad. Por lo mencionado, esta revisión comprende en general, el rol del ejercicio en el tratamiento de la DMT2, la prescripción especial del ejercicio, los mecanismos para la mejoría del control glicémico, los beneficios del ejercicio en el diabético y relata algunas recomendaciones basadas en la evidencia para el tratamiento de la DMT2 con el ejercicio aeróbico y el de fuerza. **Rev Argent Endocrinol Metab 49:203-212, 2012**

Los autores declaran no poseer conflictos de interés.

Palabras clave: diabetes Tipo 2, ejercicio, actividad física, tratamiento

ABSTRACT

Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is a condition that is reported worldwide and that generates a considerable morbidity and mortality. The epidemiological measures of frequency of this disease have globally increased in recent decades, and unless urgent action is taken, the problem will grow with relevant consequences. The appropriate prescription of aerobic exercise and strength training in diabetic patients is a fundamental pillar in the management, treatment, control and prognosis of this condition and it has many benefits, not only in glycemic control but also on cardiovascular, hemodynamic, metabolic, anthropometric and psychosocial parameters, and even mortality. Therefore, this review addresses in general the role of exercise in the treatment of T2DM, the specific prescription of exercise, the mechanisms for improving glycemic control, the benefits of exercise in diabetic patients, and it provides some evidence-based recommendations for the treatment of T2DM with aerobic exercise and strength training. **Rev Argent Endocrinol Metab 49:203-212, 2012**

No financial conflicts of interest exist.

Key words: Type 2 diabetes, exercise, physical activity, treatment

Recibido: 30-08-2012 Aceptado: 12-09-2012

Correspondencia: Jaime Jorge Márquez Arabia
Dg 80 N° 78B - 240 Bloque 73 Apto 303. Medellín - Colombia
Tel. 2575344 - Celular: 3006022920
jaimejorge33@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

La Diabetes Mellitus Tipo 2 (DMT2) es una patología que se reporta en todo el mundo y genera una considerable morbilidad y mortalidad. Sus medidas epidemiológicas de frecuencia han aumentado globalmente en las últimas décadas y si no se toman medidas urgentes el problema crecerá con consecuencias para el paciente, el sistema de salud y los factores socioeconómicos de los países.

El especialista que prescribe el ejercicio debería ser un estudioso de la DMT2, conocer y estar actualizado en el manejo global de la enfermedad. No es un objetivo de este artículo describir el tratamiento y control del diabético, pero el interesado, puede revisar las guías que anualmente publica la ADA⁽¹⁾.

Los tres pilares del tratamiento son el ejercicio, la dieta y los medicamentos en caso necesario^(1,2). En síntesis, el óptimo control de diabético debe cumplir con los siguientes parámetros: HBA1C \leq 6,5-7 %, glicemia preprandial: 70-130 mg %, glicemia posprandial 2 horas: \leq 180 mg %, Presión arterial $<$ 130/80 mmHg, LDL $<$ 100 mg % o $<$ 70 mg % (si enfermedad cardiovascular), HDL $>$ 40 mg % hombres y $>$ 50 mg % mujeres, TG $<$ 150 mg %.

Existe evidencia suficiente de los efectos positivos del ejercicio regular en la patogénesis, síntomas específicos, parámetros de control, "fitness" y calidad de vida de los pacientes con DMT2⁽²⁻⁵⁾.

EFFECTOS DEL EJERCICIO EN EL CONTROL DEL DIABÉTICO

Múltiples estudios que demuestran el beneficio del ejercicio regular en el control glucémico a largo plazo han utilizado Actividad física (AF) realizada por 30 a 60 minutos, al 50 a 80 % del VO₂ máximo, 3 a 4 veces por semana. Con este tipo de programas se logran reducciones de 10 % a 20 % en la Hemoglobina glicosilada - HBA1C - ^(6,7).

Una revisión sistemática del efecto de intervenciones estructuradas de ejercicio en estudios clínicos aleatorizados de 8 o más semanas de duración, sobre la HBA1C y el Índice de Masa Corporal (IMC) de pacientes con diabetes tipo 2 encontró que luego del período de intervención la HBA1C fue significativa más baja en los grupos de ejercicio que en los grupos control (7,65 VS 8,31 % p $<$ 0,001) en tanto que no se presentaron diferencias entre el peso corporal de ambos grupos. Un análisis de metaregresión confirmó que el efecto del ejercicio sobre la A1C fue

independiente de cualquier efecto sobre el peso corporal⁽⁸⁾. Por lo tanto, los programas estructurados de ejercicio tienen beneficio estadística y clínicamente significativo sobre el control glicémico que no está mediado por la pérdida de peso corporal.

Incluso una revisión y metaanálisis reciente encontró que un plan de entrenamiento estructurado del ejercicio aeróbico regular (beneficio mayor si se realiza más de 150 minutos por semana), el de fuerza y ambos combinados o consejería nutricional y de ejercicio regular simultáneas, se asocian con reducciones significativas de la HBA1C⁽⁵⁾:

Un metaanálisis mostró que la intensidad del ejercicio presentó mayor poder para predecir la diferencia de la HBA1C (r = -0,91 p = 0,002) que el volumen del ejercicio (r = -0,46 p = 0,26)⁽⁹⁾.

Estos resultados indican que aquellas personas que se ejercitan de manera moderada podrían incrementar la intensidad del ejercicio buscando alcanzar un mejor control glicémico y un mejor "fitness" aeróbico.

El efecto de una sesión de AF aeróbica sobre la sensibilidad a la insulina se mantiene por 24 a 72 horas dependiendo de la intensidad y la duración de la actividad. Dado que la duración del incremento de la sensibilidad a la insulina generalmente no va más allá de las 72 horas, la ADA recomienda que no haya más de 2 días consecutivos sin AF aeróbica y los estudios tienen una frecuencia mínima de 3 veces por semana^(3,7).

Ejercicio, aptitud aeróbica y mortalidad

Grandes estudios de cohorte mostraron que los altos niveles de aptitud aeróbica o de AF se relacionaban con una disminución de la mortalidad cardiovascular y por todas las causas mucho mayor que lo que podría explicarse solo por la disminución de los niveles de glucosa^(7,10-12).

Un estudio encontró que los hombres en el primer, segundo y tercer cuartil de aptitud cardiorrespiratoria presentaban 4,5, 2,8 y 1,6 veces mayor riesgo de mortalidad que aquellos ubicados en el cuartil más alto de aptitud cardiorrespiratoria, aún después de ajustar por edad, enfermedad cardiovascular basal, IMC, hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, hipertensión arterial, tabaquismo, antecedentes familiares de enfermedad cardiovascular y niveles basales de glucosa en ayunas. No hubo diferencias en la mortalidad de hombres con peso normal, con sobrepeso u obesos luego de los ajustes con la aptitud cardiorrespiratoria⁽¹⁰⁾.

En la misma cohorte los sujetos considerados moderadamente aptos (percentil 21-60) que se ejercitaban caminando, empleaban en promedio, 130 minutos semanales los hombres y 148 minutos semanales las mujeres⁽¹⁰⁾. Lo anterior coincide con las recomendaciones de las distintas instituciones internacionales, Colegio americano de Medicina Deportiva, asociación británica de ciencias del deporte y ejercicio, CDC e incluso la OMS, de acumular al menos 150 minutos semanales de una AF moderada y más recientemente realizar también ejercicio aeróbico vigoroso y ejercicios de fuerza^(2,13-15).

Aquellos sujetos moderadamente aptos que trotaban o corrían lo hacían en promedio durante 90 min/semanales los hombre y 92 minutos / semanales las mujeres; lo cual es equivalente a la recomendación de 30 minutos 3 veces por semana de AF vigorosa⁽⁷⁾.

Los mecanismos por los cuales el ejercicio puede reducir la mortalidad en los pacientes diabéticos incluyen: disminución de la inflamación sistémica, mejoramiento del llenado diastólico temprano con disminución de la disfunción diastólica, incremento de la función vasodilatadora endotelial y disminución de la grasa visceral^(7,16).

Además, niveles altos de "fitness" en pacientes obesos o con sobrepeso se correlacionan inversamente con los factores de riesgo cardiovascular (tradicionales + puntaje de Framingham + índice tobillo/brazo) en personas con DMT2 y la capacidad de ejercicio es un fuerte predictor de todas las causas de mortalidad en afroamericanos y caucásicos⁽¹⁷⁾.

Ejercicio para la pérdida y mantenimiento del peso corporal

La mayoría de los programas estructurados exitosos para el control de peso a largo plazo se basan en dieta, ejercicio y modificación de la conducta. El ejercicio solo sin restricción calórica y sin modificación de la conducta tiende a alcanzar solo modestas pérdidas de peso de aproximadamente 2 kg. La pérdida de peso es pequeña en primer término porque las personas obesas tiene dificultad para realizar el suficiente ejercicio para crear un importante déficit de energía; además es relativamente fácil contrabalancear el déficit energético con un incremento en la ingesta calórica y con una disminución de la AF fuera de las sesiones de ejercicio⁽⁷⁾. Sin embargo, un estudio clínico aleatorizado con un alto volumen de ejercicio aeróbico (700 kcal/

día), 1 hora diaria de ejercicio de moderada intensidad produjo al menos la misma pérdida de grasa que una restricción calórica equivalente y con un mayor efecto sobre la sensibilidad a la insulina⁽¹⁸⁾.

El volumen de ejercicio óptimo para lograr una pérdida sustancial de peso sin duda es mayor que el necesario para mejorar el control glucémico y la salud cardiovascular. En estudios observacionales aquellas personas que tuvieron éxito en mantener a largo plazo una pérdida de peso significativa realizaban 7 h semanales de ejercicio moderado a vigoroso⁽⁷⁾. Dos estudios clínicos aleatorizados encontraron que altos volúmenes de ejercicio (2000 a 2500 kcal./sem) producían mayores y más sostenidas pérdidas de peso que aquellos volúmenes de ejercicio menores (1000 kcal/sem) y el último consenso del ACSM sugiere que para perder y mantener el peso de la manera más efectiva se necesitan actividades moderadas de más de 250 minutos por semana⁽¹⁹⁾.

Entrenamiento de fuerza en el manejo de la DMT2

Dado el incremento de la evidencia respecto al beneficio para la salud del Entrenamiento de la Fuerza (EF), durante los últimos años el ACSM recomienda que el mismo sea incluido en los programas de ejercicio para personas sanas jóvenes y de mediana edad, para los adultos mayores y adultos con DMT2^(2,3). Con el incremento de la edad hay una tendencia a una declinación progresiva de la masa muscular, conduciendo a la sarcopenia, disminución de la capacidad funcional, disminución de la tasa metabólica de reposo, incremento de la masa grasa, e incremento de la resistencia a la insulina; el EF puede tener un impacto positivo sobre cada uno de estos aspectos^(2,4,7).

Los diabéticos pueden completar un entrenamiento de fuerza con mínimos riesgo para la salud, mientras mejoran el control glucémico, la sensibilidad a la insulina y la fuerza muscular. Estos beneficios, según muchos estudios, parecen ser intensidad-dependientes, con las mayores mejorías cuando se entrena entre el 70 y el 90 % de 1-RM^(3,20-24). El EF pudiera dar mayor beneficio, en términos del control glucémico, que el aeróbico (EA), e incluso se tolera más si se realiza con cortos episodios y períodos de reposo intermitentes. En la mayoría de los estudios se reporta una disminución relevante clínicamente de la HBA1C, y los que no, tienen una duración menor de 10 semanas⁽²⁰⁾. Esos cambios parecen ser similares o mayores con EF que con

EA⁽⁷²⁾ y 2 estudios aleatorizados recientes reportan que el entrenamiento combinado (EF + EA) puede ser la mejor opción para el control glucémico^(25,26).

El EF mejora la sensibilidad a la insulina que persiste de 16 horas a 120 horas después de la sesión. Esta duración tiende hacia el mayor valor si se lleva más de 12 a 16 semanas de entrenamiento⁽²¹⁾. Por lo tanto se sugiere que las primeras fases del entrenamiento de fuerza sean más frecuentes -después del período de adaptación- y en la fase de control o mantenimiento pueden ser de 2 veces por semana y se obtiene beneficio si el paciente solo desea este tipo de entrenamiento o por sus comorbilidades es lo más indicado, pero faltan investigaciones rigurosas que determinen la frecuencia e intensidad adecuadas para obtener beneficios agudos y crónicos del EF^(20,21).

La composición corporal mejora con el EF ya que la masa grasa disminuye y la magra aumenta, la calidad muscular (fuerza por unidad de volumen) mejora y cambian las características de la fibra muscular. Las respuestas mediadas por la contracción local pueden aumentar la señalización intracelular, llevando a incrementos de los transportadores Glut 4 de membrana y sensibilidad a la insulina^(20,21).

Otros beneficios del EF en el diabético son aumento de la fuerza ósea, minimización de la sarcopenia, mejora el balance y reduce el riesgo de caídas, disminuye la presión arterial y en menor medida el colesterol, LDL, triglicéridos y aumenta las HDL^(2,20,21).

El EF es seguro en diabéticos aún con algunas comorbilidades y puede llegar a ser la elección en los que tengan limitaciones musculoesqueléticas u ortopédicas y que no tienen adecuada adherencia al EA^(21,27).

Algunos de los estudios sobre EF y DMT2 que han utilizado trabajos en circuito muestran efectos positivos sobre el control glicémico⁽²⁷⁻²⁹⁾. Se ha observado mejoras en los niveles de HbA1c (reducción del 0,6 %) en ausencia de cambios en el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) y en la composición corporal, lo cual destaca la influencia independiente del EF⁽³⁰⁾. Se ha encontrado luego de 6 y 10 semanas de EF una reducción del 23 % y del 48 %, respectivamente, en la sensibilidad a la insulina⁽²⁷⁾.

Los niveles de glucosa en ayunas y los monitoreados por los propios pacientes han disminuido en respuesta al EF en circuito⁽²⁸⁾.

El EF de moderada intensidad (45-55 % de 1RM) ha mostrado ser seguro y efectivo para mejorar el

control glucémico, colesterol, triglicéridos y tejido adiposo subcutáneo y no se han reportado efectos adversos más que una ligera inflamación muscular y es bien tolerado con alta adherencia en diabéticos obesos y ancianos (90 % en 10 semanas)^(27,31). Además, este modo de ejercicio podría tener el potencial de incrementar la capacidad aeróbica⁽³²⁾.

Entrenamiento combinado de la resistencia aeróbica y la fuerza

Actualmente, mínimo 2 estudios comparan directamente el efecto combinado del EF + EA con EF o EA aislados^(25,26). El más grande y controlado aleatorizado, encuentra que los beneficios en el control glucémico son mayores con el entrenamiento combinado - ↓ HbA1c 0,9 % vs. 0,43 % en EA vs. 0,3 % EF - sin encontrarse diferencias significativas entre los grupos en la mejoría del perfil lipídico, presión arterial y glucemia entre; los participantes tenían entre 39 y 70 años, HbA1c en promedio de 7,7 % y el entrenamiento se hizo durante 22 semanas con una frecuencia de 3 veces/sem siguiendo las guías de la ADA y el ACSM⁽²⁵⁾.

El segundo, encontró mejorías similares en el entrenamiento combinado (énfasis en trabajo excéntrico) y el EA supervisado durante 16 semanas en la HbA1c (-0,59 % y -0,31 % respectivamente), test de 6 minutos (45,5 m vs 29,9 m), ↓ triglicéridos musculares, ↑ masa magra del muslo. Además el entrenamiento combinado ↓ el IMC 1,9 kg/m²⁽²⁶⁾. Otros estudios también muestran el beneficio del entrenamiento combinado durante 1 año, 8 semanas y 16 semanas de seguimiento en la HbA1c con disminuciones significativas entre 0,8 y 1,2 %^(29,33,34).

Ejercicios de flexibilidad

Los ejercicios de flexibilidad son en general recomendados como un medio para incrementar el rango de movimiento de las articulaciones y para evitar lesiones. Sin embargo, revisiones sistemáticas reportan controversia en la reducción del riesgo de lesiones, y los que no han mostrado beneficio se han realizado en personas jóvenes sometidas a entrenamientos de muy alta intensidad tipo militar, por lo tanto no pueden aplicarse a personas de mediana edad o ancianas^(7,35,36).

No encontramos estudios que evalúen directamente si el entrenamiento de la flexibilidad disminuye el riesgo de lesiones o ulceración en el diabético. Sin embargo, este tipo de ejercicios es muy útil especialmente en personas que han sido

sedentarias durante muchos años y las personas de mayor edad mejorando su calidad de vida, disminuyendo los dolores osteomusculares y preparando el organismo para realizar de manera más adecuada el EA y el EF.

RECOMENDACIONES BASADAS EN LA EVIDENCIA

Las siguientes recomendaciones están basadas en el último consenso de DMT2 y ejercicio y las guías del ACSM, AHA y ADA de 2012 y son similares a las del consenso del "Exercise and Sports Science" de Australia 2012^(1,3,7,37,38).

Ejercicio aeróbico

El volumen y la intensidad de ejercicio aeróbico recomendado varían con base en los objetivos:

Mejorar el control glicémico, mantener un peso corporal adecuado y disminuir el riesgo cardiovascular: Mínimo 150 minutos semanales de AF aeróbica de moderada intensidad (40 a 60 % del VO_2 máx. o 50 a 70 % de la frecuencia cardíaca máxima) y/o al menos 90 minutos semanales de una AF aeróbica vigorosa (> 60 % del VO_2 máx. o > al 70 % de la frecuencia cardíaca máxima). La AF se debe distribuir en tres sesiones semanales mínimo y no deberían transcurrir más de dos días consecutivos sin AF. *Nivel de evidencia A.*

Reducir el riesgo cardiovascular en mayor medida: Realizar ≥ 4 h semanales de AF moderada o vigorosa y/o ejercicio de fuerza. *Nivel de evidencia B*

Mantener a largo plazo una pérdida de peso importante ($\geq 13,6$ kg.): Mayores volúmenes y frecuencia de ejercicio (7 horas por semana) de AF aeróbica de moderada a intensa. *Nivel de evidencia B.*

Ejercicio de fuerza

Si no existen contraindicaciones, EF 3 veces por semana, con la intervención de los mayores grupos musculares, progresando hasta 3 series de 8 a 10 repeticiones, con una carga que no permita realizar más de 8 a 10 repeticiones. *Nivel de evidencia A.* Para asegurar que los ejercicios se ejecuten correctamente, maximizar los beneficios para la salud y disminuir el riesgo de lesiones, iniciar este entrenamiento bajo la supervisión de un especialista en ejercicio.

La prescripción del EF para el diabético debe ser individualizada, pero las siguientes recomendaciones sirven de ayuda^(2,27):

Si la diabetes es severa se debe participar en programas con supervisión médica.

El EF debe comenzar con intensidades bajas o moderadas (45-65 % de 1RM) y seguir la progresión de acuerdo con la tolerancia de los sujetos.

Los pacientes diabéticos jóvenes o ancianos con complicaciones menores y que no realicen tratamientos con insulina o agentes hipoglicemiantes pueden potencialmente participar en un programa de entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad (75-85 % de 1RM).

Los individuos diabéticos con complicaciones severas y que participan en un programa de EF de alta intensidad, sin considerar la edad, deberían ser supervisados por un médico.

Se debe tener especial cuidado cuando se diseña un programa de EF para pacientes que sufren de retinopatía, nefropatía y neuropatía, ya que estas áreas no han sido completamente estudiadas y por lo tanto los profesionales del ejercicio deberían diseñar el programa de EF conjuntamente con un médico.

Para maximizar la seguridad del programa de entrenamiento y para evitar eventos hipoglucémicos, idealmente se debería monitorear la glucosa sanguínea antes, durante y después del ejercicio -mínimo las primeras semanas de entrenamiento-.

Los programas de entrenamiento deberían basarse en las recomendaciones dadas por los profesionales de las ciencias del ejercicio y todos los sujetos a los que se le haya diagnosticado diabetes deberían consultar con su médico antes de alterar su nivel de AF.

Al igual que en cualquier programa de ejercicio, se debe discontinuar con el entrenamiento si se produce algún síntoma adverso durante o como resultado del ejercicio.

Para optimizar el control glucémico agudo y crónico debe haber un alto grado de cooperación entre el profesional del ejercicio, el médico de cabecera y el nutricionista

RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES ESPECIALES

Evaluación del diabético antes de comenzar un programa de ejercicios

Guías previas sugerían que antes de recomendar un plan de AF, se debería evaluar a los pacientes con múltiples FRCV e incluso realizar una prueba de esfuerzo⁽⁷⁾, pero actualmente la ADA concluye que el tamizaje rutinario no se recomienda^(1,39);

esta sugerencia hay que interpretarla cuidadosamente⁽⁴⁰⁾. A pesar de esto, pacientes de alto riesgo deben iniciar su ejercicio con duración e intensidad cortos e ir progresando lentamente, respetando los principios del entrenamiento; se debe evaluar a los pacientes en busca de condiciones que puedan contraindicar o alterar la prescripción del ejercicio, como la hipertensión descontrolada, neuropatía autonómica severa, neuropatía periférica, lesiones del pie, retinopatía avanzada, etc.^(3,7).

Hiper glucemia: No debe realizarse ejercicio si la glucemia en ayunas es mayor de 250 mg/dl (13,9 mmol/l) y hay cetoacidosis presente⁽⁴¹⁾. No es necesario suspender la AF en pacientes diabéticos tipo 2 con glucemias mayores a 300 mg/dl en ausencia de cetosis especialmente en estado posprandial. Se debe evitar el ejercicio vigoroso si hay cetosis. En ausencia de una severa deficiencia de insulina el ejercicio leve a moderado debería tender a disminuir los niveles de glicemia^(1,3,6,7). Si el paciente está bien hidratado, asintomático y no se encuentran cuerpos cetónicos en orina y sangre no es necesario posponer la AF basado solamente en la hiper glucemia⁽¹⁾.

Hipoglucemia: En los pacientes que reciben insulina o toman secretagogos de la insulina (sulfonilureas y glinidas), la AF puede causar hipoglucemia si no se modifica la dosis del medicamento o la ingesta de carbohidratos⁽⁴²⁾. Es necesario que los pacientes ingieran carbohidratos adicionales si la glucemia preejercicio es menor de 100 mg/dl y requieren esos medicamentos. La hipoglucemia es rara en pacientes que no los reciben. Esta ocurre especialmente cuando coinciden el pico máximo del nivel de insulina exógeno y un ejercicio prolongado⁽¹⁾.

Retinopatía: En presencia de retinopatía proliferativa o de retinopatía no proliferativa severa el ejercicio aeróbico vigoroso o el ejercicio de fuerza puede estar contraindicado por el riesgo de desencadenar hemorragia vítrea o desprendimiento de retina^(1,7).

Neuropatía periférica: La disminución de la sensibilidad dolorosa aumenta el riesgo de lesiones de la piel, infecciones y destrucción articular de Charcot. Por lo tanto en caso de severa neuropatía periférica es conveniente aconsejar actividades físicas donde el peso corporal no impacte sobre las articulaciones de los miembros inferiores como natación, bicicleta fija o ejercicios con los brazos, aunque la caminata moderada no incrementa el riesgo de úlceras o reulceración^(1,3).

Neuropatía autonómica: La neuropatía autonómica puede incrementar el riesgo de daño inducido por el ejercicio por disminución de la respuesta cardiovascular al ejercicio, hipotensión postural, alteración de la termorregulación debido a la disminución del flujo sanguíneo de la piel y alteración de la sudoración, disminución de la visión nocturna, alteración de la sed que puede conducir a deshidratación o gastroparesia⁽³⁾. La neuropatía autonómica se asocia estrechamente con enfermedad cardiovascular en diabéticos y deberían estudiarse para algunos autores con medicina nuclear antes de empezar AF más intensa de lo acostumbrado^(1,43).

Albuminuria y nefropatía: No hay evidencia de estudios clínicos aleatorizados o estudios de cohorte que demuestren que el ejercicio intenso pueda acelerar la progresión de la nefropatía diabética y estos pacientes no tienen restricciones específicas para hacer ejercicio⁽⁷⁾.

Medicamentos y respuesta al ejercicio: La mayoría de medicamentos para el manejo de comorbilidades, no afectan la respuesta al ejercicio, excepto los betabloqueadores (algunos pueden disminuir la capacidad de ejercicio –excepto en enfermedad coronaria– y la frecuencia cardíaca máxima, y enmascarar los síntomas de hipoglucemia), diuréticos (deshidratación) y las estatinas (miopatías).

BENEFICIOS ADICIONALES DEL EJERCICIO EN EL PACIENTE CON DMT2

Diversas investigaciones confirman otros beneficios que tiene el ejercicio en el paciente con DMT2 resumidas en la tabla 1^(2,3,6,7,20,44,45).

MECANISMOS PARA LA MEJORÍA DEL CONTROL GLUCÉMICO EN DMT2

Las adaptaciones al ejercicio regular dependen de los parámetros de la AF (intensidad, duración, frecuencia, tipo, modo) y de las características del individuo (enfermedades, “fitness”, determinantes genéticos). El entrenamiento aeróbico y el de fuerza producen adaptaciones bioquímicas y morfológicas específicas al programa de ejercicios⁽⁶⁾.

Entrenamiento aeróbico

El efecto más agudo del ejercicio radica en un aumento de la capacidad de inducir la captación

TABLA I. Beneficios del ejercicio en el paciente con DMT2

Parámetro	Efecto
Cardiovascular	
Riesgo cardiovascular	↓
Capacidad aeróbica o nivel de "fitness"	↑ / ↔
Frecuencia cardíaca de reposo	↓
Doble producto	↓
Presión arterial	↓
Frecuencia cardíaca en cargas submáximas	↓
Vasodilatación dependiente del endotelio (Oxido Nítrico)	↑
Inflamación crónica	↓
Mortalidad cardiovascular y por todas las causas	↓
Lípidos y lipoproteínas	
HDL: Lipoproteína alta densidad	↑
LDL: Lipoproteína baja densidad	↓
VLDL Lipoproteína muy baja densidad	↓
Colesterol total	↓
Colesterol total/HDL	↓
Antropometría	
Peso	↓
Masa grasa	↓
Masa libre de grasa	↑ / ↔
Metabólicos	
Sensibilidad a la insulina	↑
Maquinaria metabólica de glucosa	↑
HBA1C	↓
Termogénesis posprandial	↑
Densidad ósea	↑
Psicosociales	
Autoconcepto y autocuidado	↑
Depresión	↓
Ansiedad	↓
Respuesta al estrés a estrés psicológico	↓
Calidad de vida	↑

de glucosa independiente de la insulina⁽⁵¹⁾. Una consecuencia importante a largo plazo del entrenamiento físico es el aumento de las capacidades oxidativas y no oxidativas en el músculo esquelético, y probablemente también la transformación de los tipos de fibras musculares sumado a adaptaciones en la densidad capilar, flujo sanguíneo, glucógeno, GLUT 4, señales postreceptor de la insulina, aumento de la actividad de la glucógeno sintasa y hexokinasa, mejoría de la función de la célula Beta pancreática, aumento de la movilización y depuración de ácidos grasos no esterificados, mejoría en la expresión de la e-NOS (Óxido Nítrico

Sintasa-endotelial)^(4,6,45,51). La actividad contráctil y la insulina son los estímulos más potentes y fisiológicamente relevantes del transporte de glucosa en el músculo esquelético. Aunque se han realizado avances importantes para descifrar la vía de señalización de la insulina que conduce a la translocación del GLUT4, la identificación de las señales que intervienen en el transporte de glucosa estimulado por la contracción ha resultado difícil debido a que hay un conjunto cada vez más amplio de datos que sugieren que hay múltiples cascadas de señalización que intervienen en los efectos metabólicos de la contracción⁽⁵¹⁾. Concretamente, la evidencia reciente sugiere que la familia CaMK de proteincinasas y las aPKC pueden intervenir en la regulación de la captación de glucosa estimulada por la contracción. Aunque las señales proximales que conducen al transporte de glucosa estimulado por la contracción y al estimulado por la insulina son claramente distintas, los estudios recientes han indicado que se produce una reconexión o convergencia de estas señales en el AS160^(6,51).

El entrenamiento físico induce un aumento de la capacidad oxidativa y cambios del tipo de fibra en el músculo esquelético, adaptaciones que tienen una importancia crucial para reducir los ácidos grasos libres y el riesgo de resistencia a la insulina y diabetes. Nuevamente, las múltiples vías de señalización parecen actuar de manera sinérgica para facilitar respuestas adaptativas al entrenamiento físico⁽⁵¹⁾. Se han identificado varias moléculas involucradas en la biogénesis mitocondrial y la inducción de tipos de fibra de contracción lenta^(45,52). Concretamente, la AMPK y la calcineurina aparecen como principales candidatos en la facilitación de las adaptaciones al entrenamiento. El PGC-1 α podría ser un punto de convergencia de ambas vías⁽⁴⁵⁾. Aunque se han hecho considerables avances en la identificación de los mecanismos en los que intervienen estas moléculas, serán necesarias nuevas investigaciones para verificar su papel fisiológico en las adaptaciones del músculo esquelético al entrenamiento físico⁽⁵¹⁾.

Entrenamiento de fuerza

Algunos de los mecanismos por los cuales el Entrenamiento de la Fuerza contribuye con el control de la DMT2 son similares a los del EA, excepto en algunos protocolos con intensidades altas en los que no aumenta la capilarización^(20,21,53-56); otros incluyen: aumento de masa muscular –reservorio más grande para el glucógeno–, incremento de

la actividad de transporte de glucosa por efecto directo en músculo, pérdida de tejido adiposo principalmente grasa visceral que puede mejorar la resistencia a la insulina, aumento de la capacidad glucolítica^(20,21,53-59). Además, se ha encontrado que el ejercicio de fuerza y el combinado con EA incrementan la expresión del IRS-1 (sustrato del receptor de insulina-1) y disminuyen la proteína C reactiva de alta sensibilidad; el ejercicio combinado tiene más efecto antiinflamatorio en el diabético con mayor disminución en PCR, IL-6, IL-1 β , TNF- α , leptina y resistina y aumento en citoquinas antiinflamatorias como IL-4, IL-10 y adiponectina^(55,56).

Para terminar, para que las intervenciones con ejercicio aeróbico y/o de fuerza sean exitosas y obtengan los beneficios en el control glicémico, sensibilidad a la insulina, composición corporal, perfil lipídico, presión arterial, etc. deben cumplir las recomendaciones mencionadas, tal como lo evidencia una revisión sistemática reciente que encontró que el entrenamiento de más duración y frecuencia genera mayores adaptaciones y efectos positivos en el diabético; los estudios que no tuvieron efecto significativo estaban limitados generalmente por una intervención inadecuada⁽⁶⁰⁾.

CONCLUSIÓN

Está claro el papel del ejercicio regular bien prescrito en el manejo de la Diabetes Tipo 2. El ejercicio aeróbico y el de fuerza mejoran el control glucémico, reducen los factores de riesgo cardiovascular, mejoran la condición física, contribuyen con la pérdida y mantenimiento del peso, mejoran la calidad de vida, reducen la mortalidad y tienen beneficios en casi todos los sistemas. Intervenciones estructuradas de ejercicio de mínimo 8 semanas muestran disminuciones estadística y clínicamente significativas de la HBA1C independientemente de los cambios en el índice de masa corporal aparte de los beneficios mencionados. Mayores niveles de intensidad del ejercicio se asocian con más mejoría en la HBA1c y el "fitness". Se debe recordar que desde hace mucho tiempo el ejercicio es uno de los puntos fundamentales del manejo del diabético, pero en parte, debido al desconocimiento de su prescripción y beneficios, no se ofrece o se recomienda de una manera adecuada a los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes. *Diabetes Care* 35: S11-S63, 2012
2. ACSM. ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6a ed. Philadelphia: LWW; 2009
3. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin, y col. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care* 33(12):e147-67, 2010
4. Pedersen BK, Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 16 Suppl. 1:3-63, 2006
5. Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, Leitão CB, Zucatti AT, Azevedo MJ, y col. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 305(17):1790-9, 2011
6. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 27(10):2518-39, 2004
7. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C, White RD. Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus statement from the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 29(6):1433-8, 2006
8. Boule 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* 286:1218-1227, 2001
9. Boule 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* 46:1071-1081, 2003
10. Church TS, Cheng YJ, Earnest CP, Barlow CE, Gibbons LW, Priest EL, y col. Exercise capacity and body composition as predictors of mortality among men with diabetes. *Diabetes Care* 27:83-88, 2004
11. Lyerly GW, Sui X, Lavie CJ, Church TS, Hand GA, Blair SN. The association between cardiorespiratory fitness and risk of all-cause mortality among women with impaired fasting glucose or undiagnosed diabetes mellitus. *Mayo Clin Proc*. 84(9):780-6, 2009
12. McAuley P, Myers J, Emerson B, Oliveira RB, Blue CL, Pittsley J, y col. Cardiorespiratory fitness and mortality in diabetic men with and without cardiovascular disease. *Diabetes Res Clin Pract*. 85(3):e30-3, 2009
13. ACSM, AHA. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 16(9):1081-93, 2007
14. O'Donovan G, Blazevich AJ, Boreham C, Cooper AR, Crank H, Ekelund U, y col. The ABC of Physical Activity for Health: a consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. *J Sports Sci*. 28(6):573-91, 2010

15. CDC. Physical Activity for Everyone. 2011. [Consultado el: 20 de agosto de 2012.] <http://www.cdc.gov/physicalactivity/everyone/guidelines/adults.html>
16. **Stewart K.** Exercise training and the cardiovascular consequences of type 2 diabetes and hypertension: plausible mechanisms for improving cardiovascular health. *JAMA* 288(13):1622-31, 2002
17. **Kokkinos P, Myers J, Nysten E, Panagiotakos DB, Manolis A, Pittaras A, y col.** Exercise capacity and all-cause mortality in african american and caucasian men with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 32(4):623-8, 2009
18. **Ross R, Dagnone D, Jones PJ, Smith H, Paddags A, Hudson R, y col.** Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med.* 2000;133: 92-103, 2000
19. ACSM. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 41(2):459-71, 2009
20. **Tresierras MA, Balady GJ.** Resistance Training in the Treatment of Diabetes and Obesity: MECHANISMS AND OUTCOMES. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 29(2):67-75, 2009
21. **Gordon BA, Benson AC, Bird SR, Fraser SF.** Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract.* 83(2):157-75, 2009
22. **Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J, y col.** High-intensity resistance training improves glycaemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25(10):1729-36, 2002
23. **Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, y col.** A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycaemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25(12):2335-41, 2002
24. **Willey KA, Singh MA.** Battling insulin resistance in elderly obese people with type 2 diabetes: bring on the heavy weights. *Diabetes Care* 26(5):1580-8, 2003
25. **Sigal RJ, Kenny GP, Boulé NG, Wells GA, Prud'homme D, Fortier M, y col.** Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycaemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med.* 147(6):357-69, 2007
26. **Marcus RL, Smith S, Morrell G, Addison O, Dibble LE, y col.** Comparison of combined aerobic and high-force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabetes mellitus. *Phys Ther.* 88(11):1345-54, 2008
27. **Davis JK, Green JM.** Resistance Training and Type-2 Diabetes. *Strength and Conditioning Journal* 29(1):42-48, 2007
28. **Baldi JC, Snowling N.** Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men. *Int. J. Sports Med.* 24:419-423, 2003
29. **Balducci S, Leonetti F, Di Mario U, Fallucca F.** Is a long-term aerobic plus resistance training program feasible for and effective on metabolic profiles in type 2 diabetic patients? *Diabetes Care* 27(3):841-2, 2004
30. **Eriksson J, Tuominen J, Valle T, Sundberg S, Sovijärvi A, Lindholm H, y col.** Aerobic endurance exercise or circuit-type resistance training for individuals with impaired glucose tolerance? *Horm. Metab. Res.* 30:37-41, 1998
31. **Misra A, Alappan NK, Vikram NK, Goel K, Gupta N, Mittal K, y col.** Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 31(7):1282-7, 2008
32. **Gotshalk LA, Berger RA, Kraemer WJ.** Cardiovascular responses to a high-volume continuous circuit resistance training protocol. *J Strength Cond Res* 18(4):760-4, 2004
33. **Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman C, Taylor R, Green D.** Combined aerobic and resistance exercise improves glycaemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 56(2):115-23, 2002
34. **Tokmakidis SP, Zois CE, Volaklis KA, Kotsa K, Touvra AM.** The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol.* 92(4-5):437-42, 2004
35. **Small K, Mc Naughton L, Matthews M.** A systematic review into the efficacy of static stretching as part of a warm-up for the prevention of exercise-related injury. *Res Sports Med.* 6(3):213-31, 2008
36. **Woods K, Bishop P, Jones E.** Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Med* 37(12):1089-99, 2007
37. **Marwick TH, Hordern MD, Miller T, Chyun DA, Bertoni AG, Blumenthal RS, y col.** Exercise training for type 2 diabetes mellitus: impact on cardiovascular risk: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 119(25):3244-62, 2009
38. **Hordern MD, Dunstan DW, Prins JB, Baker MK, Singh MA, Coombes JS.** Exercise prescription for patients with type 2 diabetes and pre-diabetes: a position statement from Exercise and Sport Science Australia. *J Sci Med Sport.* 15(1):25-31, 2012
39. **Bax JJ, Young LH, Frye RL, Bonow RO, Steinberg HO.** Screening for coronary artery disease in patients with diabetes. *Diabetes Care* 30:2729-2736, 2007
40. **Lawler FH.** Reasons to exercise caution when considering a screening program for type 2 diabetes mellitus. *Mayo Clin Proc.* 84(1):34-6, 2009
41. **ADA.** Physical activity/exercise and diabetes mellitus. *Diabetes Care* 26 Suppl. 1:S73-7, 2003
42. **Lumb AN, Gallen IW.** Diabetes management for intense exercise. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 16(2):150-5, 2009
43. **Wackers FJ, Young LH, Inzucchi SE, Chyun DA, Davey JA, Barrett EJ, y col.** Detection of silent myocardial ischemia in asymptomatic diabetic subjects: the DIAD study. *Diabetes Care* 27:1954-1961, 2004

44. **Chudyk A, Petrella RJ.** Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Care* 34(5):1228-37, 2011
45. **Wang Y, Simar D, Fiatarone Singh MA.** Adaptations to exercise training within skeletal muscle in adults with type 2 diabetes or impaired glucose tolerance: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev.* 25(1):13-40, 2009
46. **Kwon HR, Min KW, Ahn HJ, Seok HG, Koo BK, Kim HC, y col.** Effects of aerobic exercise on abdominal fat, thigh muscle mass and muscle strength in type 2 diabetic subject. *Korean Diabetes J.* 34(1):23-31, 2010
47. **Blüher M, Zimmer P.** [Metabolic and cardiovascular effects of physical activity, exercise and fitness in patients with type 2 diabetes]. *Dtsch Med Wochenschr.* 135(18):930-4, 2010
48. **Waryasz GR, McDermott AY.** Exercise prescription and the patient with type 2 diabetes: a clinical approach to optimizing patient outcomes. *J Am Acad Nurse Pract.* 22(4):217-27, 2010
49. **Albu JB, Heilbronn LK, Kelley DE, Smith SR, Azuma K, Berk ES, y col.** Metabolic changes following a 1-year diet and exercise intervention in patients with type 2 diabetes. *Diabetes.* 59(3):627-33, 2010
50. **Reid RD, Tulloch HE, Sigal RJ, Kenny GP, Fortier M, McDonnell L, y col.** Effects of aerobic exercise, resistance exercise or both, on patient-reported health status and well-being in type 2 diabetes mellitus: a randomised trial. *Diabetologia.* 53(4):632-40, 2010
51. **RöcklKS, WitezakCA, Goodyear LJ.** Diabetes, mitochondrias y ejercicio. *Rev Esp Cardiol.* 8:27-34, 2008
52. **Meex RC, Schrauwen-Hinderling VB, Moonen-Kornips E, Schaart G, Mensink M, Phielix E, y col.** Restoration of muscle mitochondrial function and metabolic flexibility in type 2 diabetes by exercise training is paralleled by increased myocellular fat storage and improved insulin sensitivity. *Diabetes* 59(3):572-9, 2010
53. **Gulve EA.** Exercise and glycemic control in diabetes: benefits, challenges, and adjustments to pharmacotherapy. *Phys Ther.* 88(11):1297-321, 2008
54. **Bacchi E, Negri C, Zanolin ME, Milanese C, Faccioli N, Trombetta M.** Metabolic effects of aerobic training and resistance training in type 2 diabetic subjects: a randomized controlled trial (the RAED2 study). *Diabetes Care* 5(4):676-82, 2012
55. **Jorge ML, de Oliveira VN, Resende NM, Paraiso LF, Calixto A, Diniz AL, y col.** The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism.* 60(9):1244-52, 2011
56. **Hopps E, Canino B, Caimi G.** Effects of exercise on inflammation markers in type 2 diabetic subjects. *Acta Diabetol.* 48(3):183-9, 2011
57. **Braith RW, Stewart KJ.** Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation* 113:2642-2650, 2006
58. **Grøntved A, Rimm EB, Willett WC, Andersen LB, Hu FB.** A Prospective Study of Weight Training and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus in Men. *Arch Intern Med.* Aug 6:1-7. [Epub ahead of print], 2012
59. **LeBrasseur NK, Walsh K, Arany Z.** Metabolic benefits of resistance training and fast glycolytic skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 300(1):E3-10, 2011
60. **Sukala WR, Page R, Cheema BS.** Exercise training in high-risk ethnic populations with type 2 diabetes: A systematic review of clinical trials. *Diabetes Res Clin Pract.* 97(2):206-16. 2012