

Monograph

Entrenamiento con Sobrecarga y Diabetes Tipo 2

Jon Kyle Davis y James Matthew Green

University of Alabama, Tuscaloosa.

RESUMEN

La diabetes tipo 2 es una enfermedad que afecta a 18.2 millones de Americanos, dando cuenta del 90-95% de todos los casos. Está bien establecido que el ejercicio aeróbico es una práctica comúnmente utilizada para el control de la glucosa sanguínea. Sin embargo, existen pocos estudios que hayan investigado los efectos del entrenamiento con sobrecarga en pacientes diabéticos. Recientemente, se ha examinado el impacto del entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad y volumen moderado sobre el control de la glucosa sanguínea y otras variables metabólicas en sujetos con diabetes no insulino dependientes. El presente artículo es una revisión de la literatura actual relacionada con el entrenamiento con sobrecarga y el control glucémico en sujetos con diabetes tipo 2.

Palabras Clave: control glucémico, hemoglobina A1c, comienzo de la diabetes en adultos, variables metabólicas

INTRODUCCION

La diabetes tipo 2 es un enfermedad que afecta a 18.2 millones de individuos en los Estados Unidos y da cuenta del 90-95% de todos los casos de diabetes (8). La obesidad es el factor de riesgo más reconocido para el desarrollo de diabetes mellitus no insulino dependiente (NIDDM). El ejercicio es la principal estrategia para el control de la diabetes tipo 2, ayudando tanto a la regulación de la glucosa sanguínea como a disminuir la obesidad subyacente que magnifica el problema (25). El entrenamiento con sobrecarga puede ser modo de ejercicio valioso para individuos con NIDDM por múltiples razones. La NIDDM con frecuencia aparece en la edad adulta avanzada. El envejecimiento está asociado con la pérdida de masa muscular, incluso entre sujetos saludables y activos. La causa principal de la reducción de la fuerza es la reducción del 40-50% en la masa muscular producto de la atrofia de las fibras musculares conjuntamente con la pérdida de unidades motoras entre los 25 y los 80 años de edad (23). Otras alteraciones relacionadas con el envejecimiento incluyen la reducción de la fuerza muscular y la eficiencia de la masa muscular (calidad), la alteración en la composición corporal, la desmejora de la función de las células beta, la desmejora del *clearance* de insulina y de la tolerancia a la glucosa, y la reducción en la tasa de síntesis de proteínas musculares (9, 24). Todos estos factores pueden exacerbar el efecto que tiene el envejecimiento sobre el consumo de glucosa sanguínea por parte del tejido magro. En definitiva, estos factores desempeñan un rol clave en el incremento del riesgo relativo de desarrollar desórdenes metabólicos tales como la resistencia a la insulina y la diabetes tipo 2. El entrenamiento con sobrecarga puede ser uno de los modos de ejercicio más beneficiosos para contrarrestar los cambios asociados con el envejecimiento en la salud musculoesquelética, mediante el incremento de la masa y la fuerza muscular, el incremento de la densidad mineral ósea y del rendimiento físico (4). Si bien se han llevado a cabo numerosas investigaciones acerca de los efectos del ejercicio aeróbico en individuos con NIDDM, los estudios acerca de los efectos del entrenamiento con sobrecarga en estos individuos son relativamente pocos.

Establecer el impacto positivo que tiene el entrenamiento con sobrecarga sobre la NIDDM y entender las implicaciones de prescribir diferentes programas de entrenamiento con sobrecarga para sujetos con NIDDM ayudaría a los fisiólogos del

ejercicio, a los entrenadores personales y al personal relacionado con el cuidado de la salud a diseñar programas de entrenamiento que consideren la severidad del desorden metabólico para cada individuo.

Monitoreo de la Glucosa e Implicaciones para el Control de la Hemoglobina Glucosilada

Existen múltiples formas para monitorear la glucosa sanguínea. La forma más común de monitorear la glucosa sanguínea es a través del ayuno nocturno (test de concentración de glucosa en plasma en ayunas) o a través de el test de tolerancia oral a la glucosa de 2 horas (OGTT) (i.e., respuesta de la glucosa luego de consumir 75 g de glucosa disuelta en agua). Estos tests son diagnósticos pero no reflejan la dinámica de la glucosa en períodos prolongados, como por ejemplo en semanas o meses.

Un test más adecuado para el monitoreo a largo plazo de la glucosa sanguínea (2- meses) es el monitoreo de la hemoglobina A1c (HbA1c). La glucosa puede unirse a la hemoglobina en la sangre, y el total de glucosa combinada con hemoglobina es denominada glucohemoglobina (16). La HbA1c se mide en porcentaje; en una persona no diabética, el 5% (100 mg/dL) de toda la hemoglobina se encuentra como glucohemoglobina (3). Las recomendaciones médicas estándar para individuos diabéticos incluyen un plan de manejo de la glucosa cuyo objetivo es alcanzar valores normales o casi normales de glucosa con una concentración de HbA1c <7% (170 mg/dL) (3). Si bien existen tres formas de glucohemoglobina (HbA1a, HbA1b y HbA1c), dos tercios de la glucohemoglobina se encuentra como HbA1c. La glucohemoglobina se mantiene en la sangre por 8-12 semanas. Por lo tanto el monitoreo de esta variable permite tener una imagen clara de cómo se controla la glucosa sanguínea en un período prolongado de tiempo (16). Los cambios agudos en la actividad física, la dieta y en el estilo de vida pueden no reflejar los cambios en la HbA1c, debido a que la HbA1c refleja la glucemia media en los precedentes 2-3 meses (3).

Recientemente se ha establecido una correlación entre la glucosa plasmática y la HbA1c; sin embargo, la concentración plasmática de glucosa en ayunas ha mostrado subestimar progresivamente la HbA1c y por lo que la concentración plasmática de glucosa debería utilizarse con precaución como una medida de la glucemia a largo plazo (26). De acuerdo con los estudios prospectivos de Norfolk y del Reino Unido (21, 27), la reducción en los niveles de hemoglobina glucosilada tiene grandes implicaciones. El Estudio Prospectivo sobre Diabetes del Reino Unido ha mostrado que por cada 1% de reducción en la HbA1c, existe una reducción asociada del 37% en el riesgo de complicaciones microvasculares (e.g., enfermedades oculares, enfermedades nerviosas, enfermedades renales) y en una reducción del 21% en las muertes relacionadas con la diabetes (27).

El Estudio Prospectivo de Norfolk sobre Cáncer y Nutrición ha hallado que por cada 1% de incremento en la HbA1c hay un incremento del 28% en el riesgo de muerte independientemente de los otros factores de riesgo cardiovascular (21).

El ejercicio y la nutrición desempeñan un rol fundamental en el manejo diario de la concentración de glucosa y en el control a largo plazo de los niveles de HbA1c, y tanto el ejercicio como la nutrición se utilizan en forma combinada para maximizar el control glucémico. Como se discutirá más adelante, el entrenamiento con sobrecarga puede tener un impacto significativo sobre el control a largo plazo de la glucosa en base a la respuesta de la HbA1c.

Entrenamiento en Circuito de Moderada Intensidad

La mayoría de los estudios sobre entrenamiento con sobrecarga y NIDDM han utilizado entrenamientos en circuito. El entrenamiento en circuito se ha vuelto una forma muy popular de ejercicio, debido en parte a la eficiencia de tiempo y a la utilización de cargas ligeras (vs el entrenamiento con sobrecarga tradicional). Los cortos períodos de recuperación son característicos del entrenamiento en circuito, en el cual es común alternar ejercicios con períodos de recuperación de 30 segundos o menos (4). Si bien esto puede deberse al mayor componente aeróbico (vs el entrenamiento con sobrecarga tradicional), el entrenamiento en circuito ha mostrado tener efectos positivos sobre el control glucémico en sujetos con diabetes tipo 2 (5-7, 14, 20).

Se han 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 (13), lo cual destaca la potencial influencia independiente del entrenamiento con sobrecarga. En el mismo estudio, también se observó que el incremento en el área de sección cruzada muscular estuvo asociado con la mejora en el control glucémico (13). Esto ofrece un modo de ejercicio que puede ser útil para los pacientes obesos que comúnmente hallan difíciles los ejercicios aeróbicos en los cuales hay que soportar el peso corporal. El entrenamiento con sobrecarga podría ser utilizado por pacientes que tengan limitaciones musculoesqueléticas u ortopédicas que le impidan la participación en los programas de entrenamiento aeróbico.

Además, luego de 10 semanas de entrenamiento con sobrecarga en circuito se ha observado una reducción del 0.5% en la HbA1c en hombres obesos con diabetes tipo 2 (5). Si bien la reducción en los niveles de HbA1c con el entrenamiento con sobrecarga de moderada intensidad puede no ser tan drástica como la reducción en las variables metabólicas observadas en los estudios prospectivos de Norfolk y del Reino Unido, cualquier reducción en los niveles de HbA1c a partir de los

valores basales debería ser vista como un paso positivo hacia la mejora del control glucémico. Además, luego de 6 y 10 semanas de entrenamiento con sobrecarga en sujetos diabéticos se ha observado una reducción del 23% (14) y del 48% (20), respectivamente, en la sensibilidad a la insulina. Los niveles de glucosa en ayunas (5, 14) y los monitoreados por los propios pacientes (13) han exhibido una reducción en respuesta al entrenamiento con sobrecarga en circuito, lo cual ayuda no solo en la evaluación diagnóstica sino también en el manejo diario del desorden metabólico. Si bien estudios previos han mostrado ciertas mejoras a nivel metabólico, algunos de estos estudios se llevaron a cabo con muestra pequeñas y sin grupos de control y por lo tanto sus resultados deben ser interpretados con precaución (Tabla 1).

Si bien algunos de los estudios que utilizaron el entrenamiento con sobrecarga de moderada intensidad han mostrado efectos favorables sobre la HbA1c y sobre los niveles de glucosa en ayunas, otros estudios han fallado en detectar mejoras significativas en los niveles de HbA1c (12, 18), en los niveles de glucosa en ayunas (12, 13, 15) o en el test de OGTT (5, 12, 15). Hasta el momento no es claro porque no se observaron mejoras metabólicas significativas en estos estudios. Parece probable que los estudios que implementaron regímenes nutricionales han tenido un mayor impacto sobre las variables metabólicas. Sin embargo, solo un estudio que utilizó entrenamiento de sobrecarga de moderada intensidad incluyó un programa nutricional (20). Las investigaciones futuras deberían emplear tanto el control nutricional como el entrenamiento con sobrecarga para determinar los efectos de esta estrategia combinada sobre el control glucémico.

Autores	n	Sexo	Grupos	Duración	Entrenamiento Días/ semanas	Series Totales	Reps. por Serie	Pausa (segundos)	Intensidad	Variables Metabólicas
Baldi et al (2003)	18	H	2C	10 semanas	3	N/A	12	60	N/A	↔ OGTT; ↓ HbA1c; FBG
*Balducci et al (2004)	120	60M 60H	2C	12 meses	3	18	12	N/A	40-60% 1RM	↓ HbA1c; FBG
Castaneda et al (2002)	62	40M 22H	2C	16 semanas	3	15	8	N/A	60-80% 1RM	↓ HbA1c; ↔ FBG
Dunstan et al (2002)	36	M/H	2C	6 meses	3	27	8- 10	90-120	50-85% 1RM	↓ HbA1c; ↔ FBG
Dunstan et al (2005)	36	15M 21H	2C	6 meses	3	27	8- 10	N/A	60-80% 1RM	↔ HbA1c, FBG
Dunstan et al (1998)	27	10M 17H	2C	8 semanas	3	N/A	10- 15	30	50-55% 1RM	↔ HbA1c, FBG, OGTT
Eriksson et al (1997)	8	4M 4H	1	12 semanas	2	11	15- 20	30	Común- mente >50%	↓ HbA1c; ↔ FBG
Erikson et al (1998)	8	H	1	10 semanas	3	24	8- 10	N/A	N/A	↓ FBG; ↑ IS
Fenicchia et al (2004)	15	M	2C	6 semanas	3	24	8- 12	90	80% 3RM	↔ FBG, OGTT
Honkola et al (1997)	38	H/M	2C	5 meses	2	16-20	12- 15	< 60	Escala de Borg (12-15)	↔ HbA1c
Ibanez et al (2005)	9	H	1	16 semanas	2	21-24	10- 15	N/A	50-80% 1RM	↑ IS
Ishii et al (1998)	17	N/A	2C	4-6 semanas	5	18	10- 20	<60	40-50% 1RM	↑ IS
*Maiorana et al (2002)	16	2M 14 H	2C	8 semanas	3	N/A	15	15	55-65% 1RM	↓ HbA1c; FBG
*Tokmakidis et al (2004)	9	M	1	4 meses	2	18	12	45-60	60% 1RM	↓ HbA1c, FBG, OGTT; ↑ IA; ↑ IS

Tabla 1. Resumen de la literatura relacionada con el entrenamiento con sobrecarga y la NIDDM. *Se realizaron entrenamientos con sobrecarga y aeróbico. NIDDM = diabetes mellitus no insulino dependiente; H = hombre, M = mujer, N/A = no aplicable; RM = repetición máxima; C = grupo control; OGTT = test de tolerancia oral a la glucosa; FBG = concentración de glucosa sanguínea en ayunas; IS = sensibilidad a la insulina; IA = acción de la insulina; ↔ = cambios no estadísticamente significativos.

El entrenamiento con sobrecarga de moderada intensidad ha mostrado ser seguro y efectivo para mejorar el control glucémico, y no se han reportado efectos adversos más que una ligera inflamación muscular. Los estudios han reportado utilizar intensidades bajas a moderadas de entre el 45-55% de 1 repetición máxima (RM). Este modo de ejercicio parece ser adecuado para los sujetos con diabetes tipo 2 y sirve como una alternativa favorable al entrenamiento aeróbico. La literatura ha mostrado que el entrenamiento con sobrecarga de moderada intensidad es bien tolerado, con una alta tasa de cumplimiento (90% para 10 semanas) (5, 14) en sujetos diabéticos obesos y/o ancianos. Además, este modo de ejercicio podría tener el potencial de incrementar la capacidad aeróbica (17).

Esto es especialmente importante para sujetos ancianos con diabetes tipo 2, quienes pueden tener limitaciones en su movilidad. El entrenamiento con sobrecarga combinado con el entrenamiento de la resistencia puede ayudar a incrementar

el gasto energético en los pacientes diabéticos y así incrementar la eficacia del programa para el manejo del peso corporal que esté diseñado principalmente para ayudar en el control de la dinámica de la glucosa. Además, esto puede tener implicaciones prácticas para mejorar la movilidad funcional y el rendimiento en actividades físicas cotidianas.

Entrenamiento con Sobrecarga de Alta Intensidad

La declaración de posición de la Asociación Americana de Lucha contra la Diabetes (ADA) establece que el entrenamiento de la fuerza de alta intensidad puede ser aceptable para individuos jóvenes con diabetes pero no para individuos ancianos con una mayor historia de la enfermedad (2).

La declaración de posición reitera la importancia del entrenamiento para los pacientes diabéticos, específicamente de acuerdo a la edad y a la severidad del desorden metabólico. Si bien la ADA no recomienda el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad para adultos mayores, recientes estudios han mostrado el impacto que tiene el entrenamiento de alta intensidad sobre el control glucémico. Estos estudios hallaron una mejora significativa en el control glucémico, con una reducción del 1.1% (7) y del 1.2% (10) respectivamente, en los niveles de HbA1c en sujetos cuyo rango de edad oscilaba entre los 55 y los 88 años. Además, se observaron reducciones en la concentración de glucosa en ayunas (1.4-1.9 mmol/L) (7, 10). Si bien estos niveles no fueron estadísticamente significativos, si pueden ser un límite práctico para la evaluación diagnóstica. Además, estos sujetos no fueron controlados en forma óptima (valoración de los niveles de HbA1c) y eran sedentarios.

Estos estudios utilizaron un programa progresivo de entrenamiento con sobrecarga en el cual los sujetos entrenaron 3 días no consecutivos por semana con intensidades de entre el 60-80% y entre el 75-85% de 1Rm (/, 10), respectivamente.

La adherencia a las intervenciones (16 semanas [7], y 24 semanas [10]) en ambos estudios fue alta (88-90%), con solo tres eventos adversos de dolor en el pecho. Si bien las recomendaciones de la Ada reflejan un enfoque conservador, lo cual en ciertas ocasiones es lo más adecuado, el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad puede no estar absolutamente contraindicado para adultos mayores con diabetes tipo 2. Actualmente no es claro si el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad es superior al entrenamiento de baja o moderada intensidad debido a que no existen estudios que hayan realizado comparaciones directas. Por lo tanto, es importante enfatizar la prescripción individual del entrenamiento para todos los sujetos con diabetes de acuerdo con la severidad del desorden metabólico, la edad y el riesgo relativo. En un reciente estudio de seguimiento llevado a cabo por Dunstan et al (10), se examinó si las mejoras en el control glucémico podían mantenerse mediante un programa de entrenamiento de 6 meses durante los cuales los sujetos entrenaban en sus hogares (11). Los autores concluyeron que este tipo de programa de entrenamiento fue efectivo para mantener la fuerza muscular y la masa magra corporal pero no para mantener el control glucémico (valorado mediante la HbA1c). La poca efectividad del entrenamiento para mantener el control glucémico se debió a una reducción en la adherencia al programa (72%) y a la insuficiente intensidad del entrenamiento (11). El programa de entrenamiento que los sujetos realizaron en sus hogares no requirió de un plan de nutricional y tampoco se proveyó de consejo nutricional por parte de nutricionistas matriculados. Sin embargo, en el estudio inicial si se implementó un programa nutricional (10). Por lo tanto, la reducción en el control glucémico también pudo deberse en parte a que los sujetos no realizaron un régimen nutricional estricto. Por otra parte, la baja adherencia al entrenamiento no puede atribuirse a la falta de progresión ya que durante el período de seguimiento se realizaron evaluaciones en forma mensual. No obstante se pueden realizar ciertas conclusiones de este estudio, incluyendo la necesidad de utilizar a profesionales de ejercicio para la continua motivación, progresión y adherencia al programa de entrenamiento. Los datos provistos por estos estudios pueden servir de herramienta para la prescripción del entrenamiento por parte de los entrenadores personales o del personal relacionado con el cuidado de la salud que trabaja con clientes diabéticos. Por lo tanto, debe tenerse precaución a la hora de prescribir un programa de ejercicios, que incluya el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad, ya que la mayor intensidad podría reducir la adherencia al programa.

Entrenamiento Combinado de la Fuerza y la Resistencia

Evidencia reciente sugiere que el entrenamiento combinado de la fuerza y la resistencia puede tener efectos dinámicos sobre las variables metabólicas (6). Una gran muestra (60 hombres, 60 mujeres) de pacientes diabéticos sedentarios y ancianos (edad media, 60.9 años) y con una larga historia de diabetes (media, 9.8 años) participaron en un programa de entrenamiento combinado de la fuerza y la resistencia de 12 meses de duración. Los sujetos entrenaron 3 días no consecutivos por semana. Los sujetos realizaron ejercicios aeróbicos (40-80% de la frecuencia cardíaca de reserva) y ejercicios con sobrecarga (40-60% de 1RM) durante 1 hora (30 minutos de cada modalidad de ejercicio).

Luego de un año de entrenamiento, los niveles de HbA1c se redujeron significativamente en un 1.2% y la concentración de glucosa en ayunas se redujo de 165 mg/dL (medición inicial) a 129 mg/dL (21%), sin que se reportaran efectos adversos. Otros estudios de menor duración (8 y 16 semanas) (22, 28) que han utilizado el entrenamiento combinado de la fuerza y la resistencia también han mostrado efectos positivos. Estos estudios utilizaron intensidades similares para el entrenamiento

con sobrecarga (55-65% de 1RM) pero una mayor intensidad para el entrenamiento aeróbico en comparación con el estudio previamente mencionado (6), siendo la intensidad del 60-80% de la frecuencia cardíaca de reserva (28) en uno de los estudios, y del 75-85% de la frecuencia cardíaca pico (22) en el otro. Ambos estudios reportaron reducciones significativas en el porcentaje de HbA1c (0.6-0.8%) (22, 28) y en la concentración de glucosa en ayunas (22, 28) y también se reportó un incremento en la sensibilidad a la insulina (28), en el OGTT de dos horas (28) y en el área de insulina bajo la curva de OGTT (28), enfatizando así la mejora de la dinámica de la insulina. Estos resultados se produjeron sin que se reportaran complicaciones o lesiones. Además, estos resultados se produjeron sin que se prescribiera algún tipo de plan nutricional. Por lo tanto, estos estudios destacan el potencial del entrenamiento combinado de la fuerza y la resistencia para influenciar positivamente la dinámica de la glucosa. Además, se observaron diferencias significativas en la concentración de glucosa en ayunas y en el OGTT de 2 horas, lo cual puede ser valioso para la evaluación de diagnóstico.

Aplicación de la Literatura

Todos los pacientes diabéticos deberían realizar una revisión médica completa antes de comenzar con un programa de entrenamiento para así detectar la presencia de complicaciones macrovasculares (e.g., ataque cardíaco, accidente cerebrovascular), microvasculares o neurológicas (sistema nervioso), como así también para establecer cualquier limitación ortopédica (1). La comprensión de todo el espectro cuando se trata con pacientes diabéticos y de las complicaciones que pueden presentarse, es vital para la estructuración de cualquier programa de entrenamiento. Además, es crítico que exista una relación entre el médico y el profesional del ejercicio para así maximizar la seguridad y la efectividad del programa. Si bien la intención de esta sección es informar al lector que antes de prescribir un programa de ejercicio es crucial llevar a cabo un examen médico completo, no se realizará aquí una exhaustiva revisión de la literatura referente a la evaluación de los pacientes diabéticos. Para esto, es recomendable que los lectores se refieran al Libro "Ejercicio en la Diabetes" (1). La literatura revela efectos favorables del entrenamiento con sobrecarga de moderada y alta intensidad sobre el control de la diabetes en pacientes diabéticos sin que se hayan reportado efectos adversos o lesiones durante el entrenamiento con sobrecarga. Por lo tanto, de acuerdo con la literatura, sería recomendable prescribir entrenamientos con sobrecarga de moderada intensidad (45-65% de 1RM) para todos los pacientes diabéticos, sin considerar la severidad del desorden metabólico. Sin embargo, se han llevado a cabo estudios que han utilizado entrenamientos de la fuerza de alta intensidad en sujetos diabéticos ancianos, de los cuales un estudio reportó complicaciones y en los cuales además no se ha alcanzado el control glucémico óptimo. Solo recientemente se han estudiado los efectos del entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad en pacientes diabéticos ancianos con complicaciones menos severas. Un estudio a largo plazo (12 meses) llevado a cabo por Ibanez et al (19) evaluó los efectos de 2 sesiones semanales de entrenamiento de la fuerza de alta intensidad (50-80% 1RM) en sujetos ancianos (edad media, 66.6 años) con niveles menos severos de HbA1c (6.2%) (no tratados con agentes hipoglucemiantes o insulina) y que habían sido diagnosticados con la enfermedad en forma reciente. En este estudio se observó una reducción significativa en la grasa abdominal subcutánea y una mejora significativa del 46% en la sensibilidad a la insulina sin que se reportaran complicaciones mayores o lesiones (9 sujetos varones). Por lo tanto, los individuos ancianos con complicaciones menos severas (e.g., desordenes a nivel macrovascular, microvascular o neurológico) y que no realicen tratamientos con insulina o agentes hipoglucemiantes pueden potencialmente participar de un programa de entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad. En base a los hallazgos de la literatura actual se proponen las siguientes recomendaciones:

- El programa de entrenamiento con sobrecarga debería comenzar utilizando intensidades bajas o moderadas (45-65% de 1RM) y seguir la progresión de acuerdo con la tolerancia de los sujetos.
- Los pacientes que sufren de diabetes moderada y severa se pueden beneficiar del entrenamiento con sobrecarga de moderada intensidad (45-65% de 1RM). Sin embargo, algunos de los pacientes con diabetes severa pueden requerir participar en programas con supervisión médica.
- Los pacientes diabéticos jóvenes o ancianos con complicaciones menos severas (e.g., desordenes a nivel macrovascular, microvascular o neurológico) y que no realicen tratamientos con insulina o agentes hipoglucemiantes pueden potencialmente participar de un programa de entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad (75-85% de 1RM), así como también algunos pacientes diabéticos requieran de supervisión médica.
- El entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad (75-85% de 1RM) puede ser apropiado para algunos, aunque no para todos los pacientes diabéticos jóvenes y ancianos. Por lo tanto, este tipo de entrenamiento solo debería reservarse para aquellos sujetos que lleven cierto tiempo realizando este tipo de entrenamiento con intensidades moderadas. Los individuos diabéticos con complicaciones severas y que participan en un programa de entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad, sin considerar la edad, deberían ser supervisados por un médico.
- Se debe tener especial cuidado cuando se diseña un programa de entrenamiento con sobrecarga para pacientes que sufren de retinopatía (i.e., complicaciones oculares), nefropatías (i.e., complicaciones renales) y neuropatías (i.e., daño nervioso), ya que estas áreas han sido completamente estudiadas y por lo tanto los profesionales del ejercicio deberían diseñar el programa de entrenamiento con sobrecarga conjuntamente con un médico.
- Para maximizar la seguridad del programa de entrenamiento y para evitar eventos hipoglucémicos, es importante monitorear la glucosa sanguínea antes, durante y después del ejercicio.
- 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 actividad física.

- 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.

Es importante señalar que estas recomendaciones así como también la intensidad a utilizar durante el entrenamiento deben seguir el principio de la individualidad. El diseño de un programa de entrenamiento debería llevarse a cabo cuando se tiene una completa comprensión de las complicaciones que puede presentar un individuo y en forma conjunta con un médico calificado. Los programas de entrenamiento de mayor intensidad (>85% de 1RM) pueden ser apropiados para atletas, fisicoculturistas o levantadores de potencia, pero no son adecuados para pacientes diabéticos. Aun no se tiene un claro conocimiento de los efectos que tiene un programa de entrenamiento llevado a cabo con intensidades mayores al 85% de 1RM en pacientes diabéticos, por lo cual la recomendación de un entrenamiento que utilice estas intensidades puede y posiblemente cause complicaciones.

CONCLUSIONES

Debido a que no existen comparaciones directas en la literatura, no se comprende claramente si el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad es superior para mejorar las variables metabólicas que el entrenamiento con sobrecarga de intensidad moderada, el cual provee mayor seguridad. Si bien los protocolos de entrenamiento con sobrecarga de moderada intensidad no han mostrado mejoras en el control glucémico tan dramáticas como las observadas con el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad, este último puede no ser bien tolerado por todos los sujetos y se requieren más estudios para determinar la seguridad y la eficacia de este tipo de entrenamiento en pacientes diabéticos. Los investigadores deben determinar específicamente el grado de desorden metabólico para el cual se puede prescribir el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad. Sin embargo, cuando se prescribe un programa de entrenamiento de la fuerza de esta magnitud (entrenamiento de alta intensidad), el profesional del ejercicio debe preguntarse si las recompensas superarán los riesgos de implementar este tipo de programas de entrenamiento. También se desaconseja la utilización de un único programa de entrenamiento para todos los individuos con diabetes tipo 2. Por el contrario, siempre deben prescribirse programas de entrenamiento individualizados que tengan en cuenta la edad, los factores de riesgo y el grado de desorden metabólico de los sujetos. Además, para optimizar el control glucémico agudo y crónico debe haber un alto grado de cooperación entre el profesional del ejercicio, el médico y el nutricionista. Esto debería maximizar la seguridad del entrenamiento, mejorar las variables metabólicas e incrementar la adherencia al programa de ejercicio. En resumen, con el incremento en la prevalencia de la obesidad y la diabetes, el entrenamiento con sobrecarga debería ser considerado como una alternativa valiosa para ser utilizado solo en combinación con el entrenamiento de la resistencia para ayudar en el control de la glucemia en individuos con diabetes tipo 2.

REFERENCIAS

1. American Diabetes Association (2002). Handbook of Exercise in Diabetes. Alexandria, VA
2. American Diabetes Association (2004). Position statement: Physical activity/ exercise and diabetes. *Diabetes Care*. 27:s58-s62
3. American Diabetes Association (2004). Position statement: Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care*. 27:s15-s35
4. Baechle, T. R., And R. W. Earle (2000). Essentials of Strength Training and Conditioning (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 152, 182
5. Baldi, J. C., And N. Snowling (2003). Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men. *Int. J. Sports Med*. 24:419-423
6. Balducci, S., F. Leonetti, U. D. Mario, And F. Fallucca (2004). Is a longterm aerobic plus resistance training program feasible for and effective on metabolic profiles in type 2 diabetic patients?. *Diabetes Care*. 27:841-842
7. Castaneda, C., J. E. Layne, M. L. Orians, P. L. Gordon, J. Walsmith, M. Foldvari, R. Roubenoff, K. L. Tucker, And M. E. Nelson (2002). A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 25:2335-2341
8. Centers For Disease Control and Prevention (2003). National diabetes fact sheet: General information and national estimates on diabetes in the United States, 2002. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention
9. Chang, A. M., and J. B. Halter (2003). Aging and insulin secretion. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab*. 284:E7-E12
10. Dunstan, D. W., R. M. Daily, N. Owen, D. Jolley, M. Courten, J. Shaw, and P. Zimmet (2002). High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 25:1729-1736

11. Dunstan, D. W., R. B. Daly, N. Owen, D. Jolley, E. Vulikh, J. Shaw, And P. Zimmet (2005). Home-based resistance training is not sufficient to maintain improved glycemc control following supervised training in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 27:3□9
12. Dunstan, D. W., I. B. Puddey, L. J. Beilin, V. Burke, A. R. Morton, and K. G. Stanton (1998). Effects of a short-term circuit weight training program on glycaemic control in NIDDM. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 40:53□61
13. Eriksson, J., S. Taimela, K. Eriksson, S. Parviainen, J. Peltonen, and U. Kujala (1997). Resistance training in the treatment of non-insulin dependent diabetes mellitus. *Int. J. Sports Med.* 18:242□246
14. Eriksson, J., J. Tuominen, T. Valle, S. Sundberg, A. Sovijarvi, H. Lindholm, J. Tuomilehto, and V. Koivisto (1998). Aerobic endurance exercise or circuit-type resistance training for individuals with impaired glucose tolerance? . *Horm. Metab. Res.* 30:37□41
15. Fenicchia, L. M., J. A. Kanaley, J. L. Azevedo, C. S. Miller, R. S. Weinstock, R. L. Carhart, and L. L. Ploutz-Snyder (2004). Influence of resistance exercise training on glucose control in women with type 2 diabetes. *Metabolism*. 53:284□289
16. Goldstein, D. E., R. R. Little, R. A. Lorenz, J. I. Malone, D. Nathan, C. M. Peterson, and D. B. Sacks (2004). Technical review: Tests of glycemia in diabetes. *Diabetes Care*. 27:1761□1773
17. Gotshalk, L. A., R. A. Berger, and W. J. Kraemer (2004). Cardiovascular response to a high-volume continuous circuit resistance training protocol. *J. Strength. Cond. Res.* 18:760□764
18. Honkola, A., T. Forsen, and J. Eriksson (1997). Resistance training improves the metabolic profile in individuals with type 2 diabetes. *Acta Diabetol.* 34:245□248
19. Ibanez, J., M. Izquierdo, I. Arguelles, L. Forga, J. L. Larrion, G. M. Unciti, F. Idoate, and E. M. Gorostiaga (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 28:662□675
20. Ishii, T., T. Yamakita, T. Sato, S. Tanaka, and S. Fujii (1998). Resistance training improves insulin sensitivity in NIDDM subjects without altering maximal oxygen uptake. *Diabetes Care*. 21:1353□1355
21. Khaw, K., N. Wareham, R. Luben, S. Bingham, S. Oakes, A. Welch, and N. Day (2001). Glycated haemoglobin, diabetes and mortality in men in Norfolk cohort of European Prospective Investigation of Cancer and Nutrition. (*EPIC-Norfolk*). *BMJ*. 322:1□6
22. Mcardle, W. D., F. I. Katch, and F. L. Katch (2001). Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance (5th ed.). *Hagerstown, MD: Lippincott Williams & Wilkins*
23. Nair, K.S (2005). Aging Muscle. *Am. J. Clin. Nutr.* 81:953□963
24. Powers, S., and E. Howley (2001). Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance. *New York: McGraw-Hill Companies, Inc*
25. Rohlfing, C. L., H. M. Wiedeyer, R. R. Little, J. D. England, A. Tennill, and D. E. Goldstein (2002). Defining the relationship between plasma glucose and HbA1c: Analysis of glucose profiles and HbA1c in the Diabetes Control and Complications Trial. *Diabetes Care*. 25:275□278
26. Stratton, I. M., A. I. Adler, H. A. W. Neil, D. R. Matthews, S. E. Manley, C. A. Cull, D. Hadden, R. C. Turner, and R. R. Holman (2000). Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): Prospective observational study. *BMJ*. 321:405□412
27. Tokmakidis, S. P., C. E. Zois, K. A. Volaklis, K. Kotsa, and A. M. Touvra (2004). 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.* 92:437□442

Cita Original

Jon-Kyle Davis, James Matthew Green. Resistance Training and Type-2 Diabetes. *Strength and Conditioning Journal* 29(1):42□48 (2007).