

Chulvi-Medrano, I. y Solà Muñoz, S. (2010). Programa de acondicionamiento neuromuscular en la diabetes mellitus 2. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 10 (37) pp. 77-92
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista37/artdiabetes139.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista37/artdiabetes139.htm)

REVISIÓN

PROGRAMAS DE ACONDICIONAMIENTO NEUROMUSCULAR EN LA DIABETES MELLITUS 2

NEUROMUSCULAR CONDITIONING PROGRAM IN DIABETES MELLITUS 2

Chulvi-Medrano, I.¹ y Solà Muñoz, S.²

¹Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Valencia. DEA en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Valencia. chulvi77@hotmail.com

²Licenciada en Medicina. Universidad Autónoma de Barcelona. ssolamun@yahoo.es

Código UNESCO: 2411.06 Fisiología del ejercicio

Clasificación del Consejo de Europa: 6. Fisiología del ejercicio.

Recibido 17 de marzo de 2009

Aceptado 16 de noviembre de 2009

RESUMEN

La diabetes mellitus tipo 2 (DM 2) es una patología que conlleva asociadas alteraciones biológicas que disminuyen la calidad de vida, sobretodo aquellas que acontecen sobre sistema neuromuscular. El tratamiento integral incorpora la utilización de programas de acondicionamiento neuromuscular como herramienta complementaria. El objetivo de esta revisión ha sido recopilar la evidencia actual sobre esta materia realizándose por mediación de los descriptores “diabetes mellitus 2”, “non insulin dependent”, “glycemic control”, “resistance training”, “strength training”, “muscular fitness,” una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, SportDiscus, Web of Knowledge (WOK) obteniendo 42 trabajos originales y 31 de revisión. Se concluye que el diseño de los programas de acondicionamiento neuromuscular para diabetes tipo 2 deberán realizarse de 1 a 3 series de 8 a 15 repeticiones con carga submáxima (60-80% de una repetición máxima voluntaria) distribuyendo en circuito de 8 a 10 ejercicios que movilicen los grandes grupos musculares.

PALABRAS CLAVE: Diabetes mellitus tipo 2, entrenamiento contra-resistencias, ejercicio físico y enfermedad muscular.

ABSTRACT

Diabetes is a disease that takes to associate common alterations on biological systems that can diminish quality of life among them those that affect neuromuscular system. Integral treatment incorporates neuromuscular conditioning programa among other recomendations. Aim of this review has been gathering the evidence on this topic made through literature research using descriptors “diabetes mellitus 2, non insulin dependent, glycemic control, resistance training, strength training, muscular fitness in PubMed, SportDiscus and Web of Knowledge (WOK) data bases. We obtained 42 original papers and 31 reviews. We conclude that the design of neuromuscular conditioning programs for diabetes type 2 must be performed 1 to 3 sets of 8 to 15 repetitions with a sub-maximal load (60-80% of a maximalvoluntary repetition) distributing circuit 8 to 10 exercises that mobilize major muscular groups of the body.

KEY WORDS: Diabetes mellitus type 2, resistance training, physical exercise, muscular disease.

INTRODUCCIÓN. DEFINICIÓN Y EPIDEMIOLOGÍA

La diabetes mellitus (DM) está caracterizada por un cuadro patológico de enfermedades micro y macrovasculares cuyo origen principal es la hiperglucemia debido a defectos en la secreción insulínica, defectos en la acción insulínica o ambas alteraciones (Klein, 1995; ADA, 2004). La DM tipo 2 (DM 2) es una de las epidemias del siglo XXI, debido a cambios culturales y de estilo de vida. La afectación de la diabetes en el contexto español se ha incrementado del 4,1% registrado en 1993 al 6% (Estrategias en diabetes del Sistema Nacional de Salud 2007), siendo aproximadamente el 90-95% de casos de Diabetes Mellitus tipo 2 (Estrategia en diabetes del Sistema Nacional de Salud, 2007) y alcanzando un máximo en los grupos de edad más avanzada. Está situación es confirmada por los recientes trabajos de Valdés et al. (2007) y Basterra-Gortari et al. (2007) quienes destacan que existe un alarmante incremento de la incidencia de la diabetes mellitus 2 en el territorio español. Entre las múltiples causas que explican la variabilidad encontrada en la prevalencia de la DM 2 se citan raza, la longevidad media, la migración, la obesidad, el tipo de dieta, la actividad física y la nutrición fetal/neonatal. Entre los factores adquiridos la obesidad es, probablemente, el factor de riesgo más reconocido para desarrollar DM 2, junto al envejecimiento, atribuyéndose un rol fundamental de la grasa abdominal (Klein et al., 2007). En general, las poblaciones más afectadas son aquellas que han cambiado bruscamente del estilo de vida tradicional hacia un estilo de vida occidental.

Paralelamente a las alteraciones metabólicas de la patología subyacen otras situaciones preocupantes que pueden disminuir la calidad de vida. Destaca la pérdida de masa muscular, y con ello sus capacidades funcionales (Pérez-Martín et al., 2001; Kim et al., 2001; Wu et al., 2003; Ozidirinc et al., 2003; De Rekeneire et al., 2003; Andersen et al., 2004; Ugur-Altun et al., 2005; Park et al., 2006;). Ha sido sugerido que la fuerza muscular pueda estar inversamente relacionada con la sensibilidad insulínica (Jurka et al., 2004; Karelis et al., 2007). Existe la posibilidad de una relación entre la obesidad (IMC) y la incapacidad funcional en sujetos con diabetes mellitus tipo 2 (Park, 2006) pudiéndose ser atribuido las propias alteraciones metabólicas (Park, 2006) o a modificaciones en los patrones de movimiento (Wearing et al., 2006; Browning y Kram, 2007). Por tanto la DM 2 es una enfermedad crónica, de alta prevalencia y creciente en número, que supone un elevado coste social y económico y de gran impacto sanitario en complicaciones cardiovasculares, que condiciona la duración y la calidad de vida de una gran cantidad de personas. De forma asociada existe una esta reducción funcional, e incluso estructural del sistema neuromuscular.

Ante esta preocupante situación debe actuarse con tratamientos eficaces para poder detener o revertir su evolución. Esta revisión sistemática cualitativa abordará la importancia de la incorporación de los programas de acondicionamiento neuromuscular en diabéticos tipo 2.

METODOLOGÍA

Ha sido realizada una revisión sistemática de la literatura específica con el objetivo de analizar la bibliografía más reciente donde se estudia la importancia del entrenamiento contra resistencias en el abordaje y tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2. En este sentido se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, SportDiscus y Web of Knowledge (WOK) aplicándose la combinación de los siguientes descriptores: diabetes mellitus 2, non insulin dependent, glycemic control, resistance training, strength training, muscular fitness. La búsqueda fue restringida a trabajos originales realizados sobre humanos en los que en el protocolo de intervención se incluyera un programa de acondicionamiento neuromuscular. La búsqueda se extendió hasta septiembre del 2008. Se identificaron 73 trabajos de los cuales 31 fueron revisiones y 42 investigaciones originales.

TRATAMIENTOS ACTUALES: FARMACOLÓGICOS

La literatura describe diferentes tratamientos para la DM 2 entre ellos deben ser destacados los farmacológicos, los nutricionales y el ejercicio físico. Estas estrategias deben estar enfocadas al incremento de la sensibilidad insulínica como factores principales para el control de la diabetes mellitus tipo 2 y sus complicaciones.

El tratamiento farmacológico, en pacientes con diabetes mellitus tipo 2, debería estar indicado en sujetos que no presenten un elevado grado de adherencia al cambio de estilo de vida (Padwal et al., 2005). Aquellos pacientes a los que no se les observe una tendencia hacia la normoglucemia se deberán tratar como a los diabéticos tipo 1, por lo que estará fundamentada la utilización de terapia hormonal insulínica bajo la prescripción y control médico (Holman y Turner, 1995). En la interesante revisión llevada a cabo por Padwal et al. (2005) se concluye que los agentes hipoglucemiantes son los más eficaces a la hora de reducir la incidencia de diabetes mellitus tipo 2 obteniendo datos inconcluyentes sobre el resto de medicamentos como son los agentes anti-obesidad, las drogas antihipertensivas, las estatinas, los fibratos o los estrógenos. Debido a que no es el propósito del presente texto, se insta a la lectura de los textos específicos que profundizan sobre este aspecto.

TRATAMIENTOS ACTUALES: NUTRICIONALES

La literatura actual muestra una fuerte correlación entre los grados de obesidad central y las alteraciones metabólicas, como es el caso de la diabetes mellitus tipo 2 (Oguma y Sesso 2005; Park, 2006). En este sentido existe el consenso de estratificación de riesgo de padecer alteraciones metabólicas cuando la circunferencia de la cintura es igual o superior a 102 centímetros en hombres y 88 centímetros en mujeres (Racette et al., 2006; Klein et al., 2007). Se debe destacar que aproximadamente el 75% del riesgo de padecer diabetes mellitus tipo 2 es atribuible a la obesidad (Hu et al., 2001), por ello, la recomendación más común para mejorar la tolerancia a la glucosa es la reducción del peso corporal (Joseph et al., 2001).

Por lo tanto, las pautas dietéticas generales para estos casos consideran una dieta hipocalórica en la que la ingesta total debe estar estratificada en 10-20% de proteínas, en menos de 30% de grasas con menos de 10% de éstas de saturadas, el resto será destinado a los hidratos de carbono, aunque deberán ser evitados los de absorción rápida (Simó y Hernández 2002; Gaede y Pedersen, 2004). En general, las dietas basadas en hidratos de carbono de bajo índice glucémico se han mostrado superiores a las convencionales. Se aconseja el reparto de la ingesta durante el día para facilitar la secreción de insulina y evitar los picos de glucemia posprandial.

TRATAMIENTOS ACTUALES: EJERCICIO FÍSICO

El ejercicio físico es un tratamiento eficaz para el control de la patología reduciendo su severidad y las alteraciones asociadas (Helmrich et al., 1994; Yvy et al., 1998; ACSM, 2000; Kelley y Goodpaster 2001; Pedersen y Saltin, 2004; ADA, 2004; Zacker, 2005 Warburton et al., 2006). Es renombrado que el ejercicio es un tratamiento que permite incrementar la sensibilidad insulínica desde la primera sesión (Yvis et al., 1998; Horowitz ,2007). En este mismo sentido, ha sido atribuido a la carencia de ejercicio

físico una mayor resistencia a la insulina y una mayor predisposición a generar DM 2 (Hawley, 2004). De igual manera, es conocido, que el pobre control glucémico en pacientes con alteraciones glucémicas desemboca en incrementos de la hemoglobina glucosilada [HbA1c], cuando los valores exceden de los fisiológicos –siendo recomendado que sus valores sean menores a un 7% (ADA, 1998)-, se incrementa el riesgo de padecer los efectos adversos de la diabetes mellitus (De Rekeneire et al., 2003; Park et al., 2006; Won et al., 2006).

De forma añadida, incluso en ausencia de pérdida de peso, el ejercicio físico facilita la homeostasis de la glucosa (Boulé et al., 2005) mostrando una reducción adicional de la hemoglobina glucosilada [HbA1c] de hasta el 1% al cabo de un año, y mejoría de otros factores de riesgo cardiovascular concomitantes.

En la actualidad el tipo de ejercicio aplicado como prevención y tratamiento de desórdenes metabólicos y diabetes mellitus tipo 2 se ha centrado en dos modalidades, el ejercicio cardiovascular y los programas de acondicionamiento neuromuscular.

EJERCICIO CARDIOVASCULAR

Tradicionalmente se ha recomendado ejercicio de tipo cardiovascular para los sujetos que tenían riesgo de padecer diabetes mellitus tipo 2 o en aquellos que ya la padecían obteniendo resultados favorecedores para la salud (Castaneda et al., 2002; Alam et al., 2004).

En este sentido, Sigal y colaboradores (2004) recomiendan una selección adecuada del ejercicio cardiovascular basada en evitar molestias en posibles regiones dañadas por las neuropatías periféricas. Una de las neuropatías periféricas más acusadas entre los diabéticos se ubica en el pie, por lo que se ha recomendado realizar el ejercicio elíptico cardiovascular para evitar molestias o incrementos de la lesión (Cuff et al., 2003).

El protocolo mínimo consensuado y sugerido está caracterizado por la realización de 150 minutos semanales, repartido en tres días, con una intensidad del 50-70%Fcmáx ó 40-60%VO2máx (Sigal et al., 2004, 2006).

PROGRAMAS DE ACONDICIONAMIENTO NEUROMUSCULAR (PANM)

En la última década, se ha despertado el interés por determinar los efectos del entrenamiento contra-resistencia o programa de acondicionamiento neuromuscular sobre la salud frente a la visión tradicional del rendimiento (ACSM, 1998, 2002; Kraemer et al., 2002; Kraemer y Ratamess, 2004; Warburton et al., 2006). Esta línea de investigación también ha mostrado su preocupación por las patologías más importantes asociadas la falta de movimiento, destacando entre otras, la diabetes mellitus tipo 2.

Debe ser destacado que ha sido descrito que los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 poseen una peor condición física (De Rekeneire et al., 2003; Ugur-Altum et al., 2005) y su fuerza muscular está reducida (Andersen et al., 2004; Cetinus et al., 2005). Aunque existe una marcada controversia sobre si la diabetes “per se” genera el incremento de incapacidad funcional por reducción de la fuerza muscular, o ésta es consecuencia de las situaciones asociadas (De Rekeneire et al., 2003). Específicamente ha sido constatado que la capacidad funcional del sistema neuromuscular es menor en los sujetos afectados que en sujetos que no padecen esta patología (Özdirenç et al., 2004). En esta línea, De Rekeneire et al. (2003) determinan que la DM 2 está asociada con un 40 % de riesgo incrementado de limitación funcional subclínica. Por otro lado, Wu et al. (2003), coincidiendo con los resultados previos de Gregg et al. (2002), determinan que las limitaciones funcionales fueron aproximadamente 2 veces más grandes en sujetos diabéticos tipo 2 que en sus homónimos no diabéticos.

Recientemente, se ha encontrado la relación entre el estatus neuromuscular y funcional en diabéticos tipo 2 y un pobre control glucémico (De Rekeneire et al., 2003; Park et al., 2006; Won et al., 2006), el cual sirve como indicador de la severidad de la diabetes mellitus. Este parámetro registra los valores de la hemoglobina glicada (HbA_{1c}), recomendándose que el valor debe ser menor a 7%, e idealmente ubicarse en 6% para reducir el riesgo de complicaciones (ADA, 1998). Respecto a esto, Won et al. (2006) han sugerido que el empeoramiento sobre el sistema neuromuscular pueda deberse al catabolismo inducido por la hiperglucemia descontrolada. Igualmente, existen evidencias que sugieren la existencia de una relación inversa entre la sensibilidad insulínica y la fuerza muscular (Jurka et al., 2004, 2005; Karelis et al., 2007). Por último, debe citarse la existencia de otra limitación asociada a la funcionalidad del sistema locomotor. Se trata de la glicación de las estructuras articulares, situación que desembocará en una limitación articular por fibrosis del sistema ligamentario (Herriot et al., 2004) y con ello, una posible reducción de la capacidad de movimiento.

Con el fin de mejorar la propia patología y la afectación específica sobre el sistema neuromuscular, los programas de acondicionamiento neuromuscular (PANM de ahora en adelante) han sido incluidos como tratamiento para los sujetos con diabetes mellitus tipo 2 (Sigal et al., 2006), puesto que puede representar una modalidad de ejercicio físico atractiva para combatir la diabetes mellitus 2 y sus complicaciones (Boulé et al., 2001; Willey y Fiatarone, 2003; Holten et al., 2004).

Diversos trabajos de revisión han recopilado los efectos y la relación dosis respuesta más importantes de los estudios más relevantes sobre el entrenamiento de acondicionamiento neuromuscular y la diabetes mellitus. Los resultados prácticos para la prescripción del ejercicios físico de estas investigaciones más recientes han sido resumidas en la tabla 1.

Autor	Frecuencia	Carga (series-repeticiones-intensidad)	Ejercicios
<i>ACSM, 1998</i>	2 días/sem	1 x 10-15 (10-15RM)	8-10 globales
<i>Sigal et al., 2004</i>	3 días/sem	1-3 x 8-10	
<i>Zacker, 2005</i>	2-3 días /sem	1-3 x 8-15 (60-90% 1RM); 1-2 min de descanso	
<i>Sigal et al., 2006</i>	1-3 días/sem	1-3 x 8-10	Principales grupos musculares
<i>Colado y Chulvi (2008)</i>	2 días/sem	1 x 10-15 (carácter submáximo)	8-10 poliarticulares que engloben los principales grupos musculares

Tabla 1. Características básicas del programa de acondicionamiento neuromuscular.

La relación del entrenamiento de fuerza y la DM 2 ha sido estudiada principalmente por la variable de la intensidad del ejercicio (basada en el porcentaje de peso en función de una repetición máxima 1-RM). En este sentido, Castaneda et al. (2002) sugiere una eficacia de los PANM de alta intensidad (60-80%1RM –una repetición máxima voluntaria) aproximadamente del doble de la conseguida por programas de intensidad moderada (menor de 60% de una repetición máxima). Resultados muy similares muestra Dunstan et al., (2002) quienes realizan un PANM progresivo desde 50% 1RM a 85%1RM y reportan mejoras significativas en sujetos diabéticos. Más recientemente, ha sido manifestado que puede ser requerido un estímulo mayor, ubicado entre el 70 y el 90% de una repetición dinámica máxima voluntaria para mejorar los niveles de control glucémico (Braith y Stewart, 2006), no obstante, se recomienda cautela en la aplicación de estas intensidades.

A partir de los datos consultados, parece lógico pensar que la dosis debe basarse en un rango de entrenamiento que consiste en la realización de 8-10 ejercicios que engloben a los principales grupos musculares, estableciendo un rango entre 1 y 3 series con 8 a 15 repeticiones cada serie con un carácter de esfuerzo moderado-alto. Esta dosis de PANM ha demostrado generar efectos positivos para el paciente con DM 2. Estos beneficios serán descritos en el apartado siguiente.

EFFECTOS POSITIVOS DE LOS PROGRAMAS DE ACONDICIONAMIENTO NEUROMUSCULAR (PANM)

Los PANM favorecen los cambios positivos en los parámetros bioquímicos que influyen sobre la sensibilidad insulínica tanto en sujetos diabéticos de diferentes edades (Miller et al., 1984; Dunstan et al., 2002; Holten et al., 2004; Ibañez et al., 2005; Brooks et al., 2007) como en sujetos

con niveles alterados de tolerancia de la glucosa (Dengel et al., 1996). Una posible justificación manifestada por McGarry (2002) sugiere que las mejoras sobre sensibilidad insulínica pueden derivar de modificaciones en el contenido lipídico intramuscular generado por los PANM.

La evidencia apoya la inclusión del entrenamiento de fuerza para el incremento del control glucémico y la sensibilidad en sujetos con diabetes mellitus tipo 2 (Castaneda et al., 2002; Eves y Plotnikoff, 2006), aunque actualmente no se dispone de un consenso cerrado sobre la dosis-respuesta (Kelley y Goodpaster, 2001), existen datos de fundamentan la aplicación de la dosis descrita en el párrafo anterior. Añadidamente, existen datos que fundamentan la distribución del PANM en circuito, para facilitar el control glucémico en pacientes no insulino-dependientes, por lo que resulta atractivo para los sujetos diabéticos con sobrepeso, puesto que obtendrán beneficio metabólico sin generar un gran estrés articular (Dunstan et al., 1998).

Un beneficio colateral del entrenamiento contra resistencias en la diabetes tipo 2 afecta al sistema óseo. Parece ser que la calidad ósea también está afectada por eventos microvasculares comunes a la diabetes mellitus (Schwartz et al., 1997; Chau y Edelman, 2002), siendo mayor la pérdida de densidad mineral ósea en sujetos con peor control glucémico (Gregorio et al., 1994). Esta desmineralización ósea puede ser atribuida a la interferencia que el pobre control glucémico genera sobre la funcionalidad de los osteoblastos (Brown y Sharpless, 2004). Para esta situación de mayor fragilidad ósea los programas de acondicionamiento neuromuscular han sido ampliamente demostrados como una terapia eficaz para incrementar la densidad mineral ósea en pacientes con osteoporosis (Conroy y Earle, 2000; Beck y Snow, 2003; Turner y Robling, 2003; ACSM, 2004). Así pues, parece lógico pensar, que en pacientes con diabetes mellitus y desmineralización ósea también se produzca este efecto positivo.

A la hora de aplicar los programas de acondicionamiento neuromuscular deben tenerse presente las consideraciones manifestadas por Zacker (2005) que cita la existencia de contraindicaciones absolutas en las que no se debe realizar PANM en sujetos con diabetes mellitus 2: *a)angina inestable, b)hipertensión no controlada, c)disritmias no controladas, d) cardiomiopatía hipertrófica, e) ciertos estados de retinopatía.*

En esta línea, el mismo autor, también nos advierte de la necesidad de una evaluación médica previa en las siguientes situaciones: a) fallo cardíaco, b) isquemia miocárdica, c) reducida función ventricular izquierda, d) neuropatías (Zacker, 2005).

PROGRAMAS DE ACONDICIONAMIENTO NEUROMUSCULAR INTEGRAL

Existen comunicaciones científicas donde el programa de acondicionamiento neuromuscular ha sido realizado sinérgicamente con un programa de acondicionamiento cardiovascular. El objetivo de estos trabajos fue potenciar los efectos positivos de ambas estrategias de ejercicio físico para los sujetos con diabetes mellitus tipo 2 sobre la reducción de la resistencia a la insulina (Wallace et al., 1997). En esta línea debe ser destacado el trabajo de Maiorana et al. (2002), que reporta beneficios como el incremento del control glucémico y la mejora de la composición corporal cuando se combina un PANM realizado 15 repeticiones al 55% 1RM con ejercicios aeróbicos de 45 segundos de duración durante 8 semanas a razón de 3 días semanales. Más recientemente, Sigal et al. (2007) comparó los efectos de tres tipos intervenciones de ejercicio físico realizados 3 veces por semana durante 22 semanas sobre el control glucémico de 251 adultos con diabetes mellitus tipo 2. Un primer grupo realizaba únicamente ejercicio cardiovascular en bicicleta o cinta y fue generada una progresión de 15-20 minutos por sesión con una intensidad del 60% de las pulsaciones máximas hacia 45 minutos por sesión a una intensidad del 75% de las pulsaciones máximas. El segundo grupo realizaba entrenamiento contra-resistencias caracterizado por la ejecución 7 a 9 repeticiones hasta la fatiga voluntaria en 2 a 3 series para 7 ejercicios diferentes. Un último grupo combinó ambas tipos de ejercicios. Los resultados han demostrado que la combinación de ejercicio cardiovascular con un programa de acondicionamiento neuromuscular generan mayores mejoras sobre el control glucémico que las mismas intervenciones realizadas de forma aislada (Sigal et al., 2007).

Destacables son los resultados obtenidos en el trabajo liderado por Rice et al. (1999) quienes registraron el cambio desencadenado por la combinación de dieta adecuada -restricción de 1000 kilocalorías- con diferentes tipos de ejercicio físico. Un grupo realizó ejercicio aeróbico mientras que el otro realizó PANM. Ambos grupos redujeron su peso corporal y fue incrementada la sensibilidad insulínica, sin embargo el grupo de PANM generó una mayor adhesión al ejercicio (96%) frente al ejercicio aeróbico (92%).

Taylor (2007) encuentra que las capacidades cardiovasculares y de aptitud neuromuscular pueden incrementarse en sujetos con diabetes mellitus tipo 2 aunque se requerirá de una adherencia al programa para poder mantener estas mejoras. Tal y como ha sido citado anterior, es conocido que el ejercicio es un tratamiento que permite incrementar la sensibilidad insulínica desde la primera sesión (Yvis et al., 1998; Horowitz, 2007), sin embargo, la adherencia a estos cambios, incluido la práctica de ejercicio físico debe ser prioritaria para los diabéticos, principalmente para favorecer el control glucémico (Norris et al., 2001). Para conseguirlo Delamater (2006) recomienda mantener un control telefónico, proporcionar instrucciones escritas, utilización de automonitoreos, apoyos y refuerzos sociales y contactos continuos con especialistas de la salud. La presencia

de los especialistas en entrenamiento está justificada para poder mantener la eficacia de los PANM en personas de edad avanzada con diabetes mellitus tipo 2, puesto que cuando abandonan las instalaciones específicas y son instruidos en el PANM progresivo para realizar en casa no resulta suficiente para mantener la efectividad en el control glucémico (Delamater, 2006). Esta reducción de la eficacia del tratamiento mediante el ejercicio física ha sido atribuido a la reducción en la adherencia y en el volumen-intensidad del PANM (Dunstan et al., 2005).

CONCLUSIONES

El ejercicio físico resulta un tratamiento eficaz, seguro y agradable para los sujetos con diabetes mellitus tipo 2. Los programas de acondicionamiento neuromuscular deben generar sinergia con el ejercicio cardiovascular y otros tratamientos si fueran requeridos como el nutricional o el farmacológico. El ejercicio aeróbico-cardiovascular eficaz se realizará con carácter extensivo de 30-60 minutos del 50-70% de la frecuencia cardíaca máxima. Por su parte, la adecuada prescripción del PANM debe estar distribuido en circuito incluyendo de 8 a 10 ejercicio poli-articulares que involucren los principales grupos musculares realizados con volúmenes entre 1 y 3 series, de 8 a 15 repeticiones realizadas con una carga submáxima (60-80% de una repetición máxima). Cuando no exista contraindicación se podría hacer uso de cargas cercanas a las máximas (80-95% de una repetición máxima). La inclusión del PANM debería ser tomada en cuenta debido a las posibilidades de mayor adherencia al ejercicio, menor estrés articular e incluso mayores beneficios sobre el perfil metabólico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alam S, Stolinski M, Pentecost C, Boroujerdi MA, Jones RH, Sonksen PH, Umpleby AM. The effect of a six-month exercise program on very low-density lipoprotein apolipoprotein B secretion in type 2 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab* 2004; 89, 688-694.
- American College of Sports Medicine (ACSM) The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:975-991.
- American College of Sports Medicine (ACSM). Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 1345-1360.
- American College of Sports Medicine (ACSM). Physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1985-1996.
- American College of Sports Medicine (ACSM). Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34:364-380.
- American Diabetes Association (ADA). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2004; 27:S5-S10.

- American Diabetes Association (ADA). Evidence-based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. *Diabetes Care* 2002; 25:148-198.
- American Diabetes Association. Standards of medical care for patients with diabetes mellitus. *Diabetes Care* 1998; 21:23-31.
- American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes. *Diabetes Care*. 2004; 27:S58-S62
- Andersen H, Nielsen S, Mogensen CE, Jakobsen J. Muscle strength in type 2 diabetes. *Diabetes* 2004;53:1543-1548.
- Ballesta M, Corral F, y grupo de diabetes de la SAEN. Costes directos e indirectos de la diabetes mellitus tipo 2. *Avances en Diabetes* 2002; 18:Suppl 1:20.
- Basterra-Gortari FJ, Bes-Rastrollo M, Seguí-Gómez M, Forga LL, Alfredo J, Martínez-González MA. Tendencias de la obesidad, diabetes mellitus, hipertensión e hipercolesterolemia en España, 1997-2003. *Med Clin* 2007; 129:405-409.
- Beck BR, Snow CM. Bone health across the lifespan- exercising our options. *Exerc Sport Sci Rev* 2003; 31:117-122.
- 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; 286:1218-1227.
- Boulé NG, Weisnagel SJ, Lakka TA, et al. Effects of exercise training on glucose homeostasis. The HERITAGE family study. *Diabetes Care* 2005; 28:108-114.
- Braith RW, Stewart KJ. Resistance exercise training: Its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation* 2006; 113; 2642-2650.
- Brown SA, Sharpless JL. Osteoporosis: an under-appreciated complication of diabetes. *Clin Diabetes* 2004; 22:10-20.
- Browning RC, Kram R. Effects of obesity on the biomechanics of walking at different speeds. *Med Sci Sport Exerc* 2007; 39: 1632-1641.
- Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2002; 25:2335-2341.
- Cetinus E, Buyukbese MA, Uzel M, Ekerbicer H, Karaoguz A. Hand grip strength in patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract* 2005; 70:278-286.
- Colado JC, Chulvi I. Criterios metodológicos para el desarrollo de programas de acondicionamiento neuromuscular en el ámbito de la salud en diferentes etapas evolutivas y para poblaciones con algunas alteraciones metabólicas en Rodríguez PL ed *Acondicionamiento muscular en salas de musculación* Ed. Panamericana; 2008.
- Conroy B, Earle RW. Bone, muscle, and connective tissue adaptation to physical activity en Beachle y Earle. *Essentials of strength training and conditioning*, cap 4. 2ª Ed Champaign: EEUU; 2004.
- Cuff DJ, Iganszewski A, Meneilly GS, Tildesley HD, Martin A, Frohlich JJ. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2003; 26:2977-2982.

- Chau DL, Edelman SV. Osteoporosis and diabetes. *Clin Diabetes* 2002; 20:153-157.
- Chau DL, Goldstein-Fuch J, Edelman SV. Osteoporosis among patients with diabetes: An overload disease. *Diabetes Spectrum* 2003; 16:176-182.
- De Rekeneire N, Resnich HE, Schwartz AV, Shorr RI, Kuller LH, Simonsick EM, Vellas B, Harris TB. Diabetes is associated with subclinical functional limitation in nondisabled older individuals: the health aging and body composition study. *Diabetes Care* 2003;26:3257-3263.
- Delamater AM. Improving patient adherence. *Clin Diabetes* 2006; 24 :71-77.
- Dengel DR, Pratley RE, Hagber JM, Rogus EM, Goldberg AP. Distinct effects of aerobic exercise training and weight loss on glucose homeostasis in obese sedentary men. *J Appl Physiol* 1996; 81: 318-325.
- Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, de Courten M, Shaw J, Zimmet P. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2002; 25:1729-1736.
- Dunstan DW, Puddey IB, Beilin LJ, Burke V, Morton AR, Stanton KG. Effects of a short-term circuit weight training program on glycaemic control in NIDDM. *Diabetes Res Clin Pract* 1998; 40:53-61.
- Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, Vulikh E, Shaw J, Zimmet P. Home-based resistance training is not sufficient to maintain improved glycemic control following supervised training in older individual with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2005; 28:3-9.
- Encuesta Nacional de Salud 2003, Ministerio de Sanidad y Consumo disponible en http://www.msc.es/estadEstudios/estadisticas/docs/ENSE2003_SN.pdf. Visitado 16 Diciembre 2008.
- Estrategia en diabetes del Sistema Nacional de Salud 2007, Ministerio de Sanidad y Consumo disponible en <http://www.060.es>. Visitado 18 Diciembre 2008.
- Eves ND, Plotnikoff RC. Resistance training and type 2 diabetes. Considerations for implementation at the population level. *Diabetes Care* 2006; 29: 1933-1941.
- Gaede P, Pedersen O. Intensive integrated therapy of type 2 diabetes. Implications for long-term prognosis. *Diabetes* 2004; 53:S39-S47.
- Gregg EW, Mangione CM, Cauley JA, Thompson TJ, Schwartz AV, Ensrud KE, Nevitt MC for the study of osteoporotic fractures research group. Diabetes and incidence of functional disability in older women. *Diabetes Care* 2002; 25:61-67.
- Gregorio F, Cristallini S, Santeusanio F, Filipponi P, Fumelli P. Osteopenia associated with non-insulin-dependent diabetes mellitus: what are the causes? *Diabetes Res Clin* 1994; 23:43-54.
- Grupo de trabajo Diabetes Mellitus y Enfermedad Cardiovascular de la Sociedad Española de Diabetes. Diabetes Mellitus y riesgo cardiovascular. Recomendaciones del grupo de trabajo diabetes mellitus y enfermedad cardiovascular de la sociedad española de diabetes. *Clin Invest Arterioscl* 2004; 16:74-78.

- Hawley JA. Exercise as a therapeutic intervention for the prevention and treatment of insulin resistance. *Diabetes Metab Res Rev* 2004; 20:383-393.
- Helmrich SP, Ragland DR, Paffenbarger RS. Prevention of non-insulin-dependent diabetes mellitus with physical activity. *Med Sci Sports Exe* 1994; 26:824-830.
- Herriot MT, Colberg SR, Parson HK, Nunnold T, Vinik AI. Effects of 8 weeks of flexibility and resistance training in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27:2988-2989.
- Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JFP, Dela F. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes* 2004; 53; 294-305.
- Hollman RR, Turner RC. Insulin therapy in type II diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* 1995; 28:S179-S184.
- Horowitz JF. Exercise-Induced alterations in muscle lipid metabolism improve insulin sensitivity. *Exerc Sport Sci Rev* 2007; 35:192-196.
- Hu FB, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz G, Liu S et al. Diet lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. *N Engl J Med* 2001; 345:790-797.
- Ibáñez J, Izquierdo M, Argüelles I, Forga L, Larrión JL, García-Unciti M, Idoate F, Gorostiaga EM. Twice –weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2005; 28:662-667.
- Janssen I, Fortier A, Hudson R, Ross R. Effects of an energy-restrictive diet with or without exercise on abdominal fat, intermuscular fat, and metabolic risk factors in obese women. *Diabetes Care* 2002; 25:431-438.
- Joseph LJO, Trappe TA, Farrell PA, Campbell WW, Yarasheski KE, Lambert ChP, Evans WJ. Short-term moderate weight loss and resistance training do not affect insulin-stimulated glucose disposal in postmenopausal women. *Diabetes Care* 2001; 24:1863-1869.
- Jurka R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37:1849-1855.
- Jurka R, Lamonte MJ, Church TS, Earnest CP, Fitzgerald SJ, Barlow CE, Jordan AN, Kampert JB, Blair SN. Associations of muscle strength and aerobic fitness with metabolic síndrome in men. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1301-1307.
- Karelis AD, Tousignant B, Nantel J, Proteau-Labelle M, Malita FM, St-Pierre DH, Brochu M, Doucet E, Rabasa-Lhoret R. Association of insulin sensitivity and muscle strength in overweight and obese sedentary postmenopausal women. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007; 32:1-5.
- Kelley DE, Goodpaster BH. Effects of exercise on glucose homeostasis in type 2 diabetes mellitus. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: S495-S501.
- Kim RP, Edelman SV, Kim DD. Musculoskeletal complications of diabetes mellitus. *Clin Diabetes* 2001; 19:132-135.
- Kimmel B, Inzucchi SE. Oral agents for type 2 diabetes: an update. *Clin Diabetes* 2005; 23: 64-76.

- Klein R. Hyperglycemia and microvascular and macrovascular disease in diabetes. *Diabetes Care*; 1995; 18:258-268.
- Klein S, Allison DB, Heymsfield SB et al. Waist circumference and cardiometabolic risk: a consensus statement from shaping America's health: Association for weight management and obesity prevention; NAASO, the Obesity Society, the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Association. *Am J Clin Nutr* 2007; 85:1197-1202.
- Kraemer WJ, Ratamess NA, French DN. Resistance training for health and performance. *Curr Sports Med Rep* 2002; : 165-171.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamental of resistance progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36:674-688.
- Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman G, Taylor R, Green D. Combined aerobic and resistance exercise improve glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* 2002; 56:115-123.
- McGarry JD. Banting lecture 2001; Dysregulation of fatty acid metabolism in the etiology of type 2 diabetes. *Diabetes* 2002; 51:7-18.
- Miller W, Sherman WM, Ivy JL. Effect of strength training on glucose tolerance and post-glucose insulin response. *Med Sci Sports Exerc* 1984;16:539-543.
- Norris SL, Engelgau MM, Venkat KM. Effectiveness of self-management training in type 2 diabetes. A systematic review of randomized controlled trials. *Diabetes Care* 2001; 24:561-587.
- Oguma Y, Sesso HD, Paffenbarger RS Jr, Lee IM. Weight change and risk of developing type 2 diabetes. *Obes Res* 2005; 13:945-951.
- Özdirenç M, Koçak G, Güntekin R. The acute effects of in-patient physiotherapy program on functional capacity in type II diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract* 2004; 64:167-172.
- Ozidirenc M, Biberoglu S, Ozcan A. Evaluation of physical fitness in patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Prac* 2003; 60:171-176.
- Padwal R, Majumdar SR, Jonson JA, Varney J, McAlister FA. A systematic review of drug therapy to delay or prevent type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2005; 28:736-744.
- Park SW, Goodpaster BH, Strtmeyer ES, Rekenire N, Harris TB, Schwartz AV, Tylavsky FA, Newman AB. Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes. The health, aging, and body composition study. *Diabetes* 2006;55:1813-1818.
- Pedersen BK, Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16: 3-63.
- Pérez-Martín A, Raynaud E, Mercier J. Insulin resistance and associated metabolic abnormalities in muscle: effects of exercise. *Obes Rev* 2001; 2, 47-59.
- Perfetti R, Barnett PS, Mathur R, Egan JM. Novel therapeutic strategies for the treatment of type 2 diabetes. *Diabetes Metab Rev* 1998; 14, 207-225.
- Perry RC, Shankar RR; Fineberg N, McGill J, Baron AD, and the Early Diabetes Intervention Program (EDIP). Hba1c measurement improves the detection of type 2 diabetes in high-risk individuals with nondiagnostic levels of fasting plasma glucose: the Early Diabetes Intervention Program (EDIP). *Diabetes Care* 2001; 24:465-471.

- Racette SB, Evans EM, Weiss EP, Hagberg JM, Holloszy JO. Abdominal adiposity is a stronger predictor of insulin resistance than fitness among 50-95 years old. *Diabetes Care* 2006; 29:673-678.
- Rice B, Janssen I, Hudson R, Ross R. Effects of aerobic or resistance exercise and/or diet on glucose tolerance and plasma insulin levels in obese men. *Diabetes Care* 1999; 22:684-691.
- Ruíz-Ramos M, Escolar- Pujolar A, Mayoral-Sánchez E, Corral-San Laureano F, Fernández- Fernández I. La diabetes mellitus en España: mortalidad, prevalencia, incidencia, costes económicos y desigualdades. *Gac Sanit* 2006; 20: 15-24.
- Schwartz AV, Sellmeyer DE, Ensrud KE, Cauley JA, Tabor HK, Schreiner PJ, Jamal SA, Black DM, Cumming SR. Older women with diabetes have an increased risk of fractures: a prospective study. *J Clin Endocrinol Metab* 1997; 86:32-38.
- Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C, White RD. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2006; 29:1433-1438.
- 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* 2006; 29:1433-1438.
- Sigal RJ, Wasserman DH, Kenny GP, Castaneda-Sceppa C. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27; 10:2518-2539.
- Simó R, Hernández C. Tratamiento de la diabetes mellitus: objetivos generales y manejo en la práctica clínica. *Rev Esp Cardiol* 2002; 55:845-860.
- Takiya L y Chawla S. Therapeutic options for the management of type 2 diabetes mellitus. *Am J Manag Care* 2002; 8:1009-1023.
- Taylor JD. The impact of a supervised strength and aerobic training program on muscular strength and aerobic capacity in individuals with type 2 diabetes. *J Strength Cond Res* 2007; 21:824-830.
- Ugur-Altun B, Altun A, Tatli E, Tugrul A. Factors related to exercise capacity in asymptomatic middle-aged type 2 diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract* 2005; 67:130-136.
- Valdés S, Rojo-Martínez G, Soriguer F. Evolución de la prevalencia de la diabetes tipo 2 en población adulta española. *Med Clin* 2007; 129:352-355.
- Wallace MB, Mills BD, Browning CL. Effects of cross-training on markers of insulin resistance/hyperinsulinemia. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1170-1175.
- Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity the evidence. *CMAJ* 2006; 174:801-809.
- Wearing SC, Henning EM, Byrne NM, Steele JR, Hills AP. Musculoskeletal disorders associated with obesity: a biomechanical perspective. *Obes Rev* 2006; 7:239-250.

- Willey KA, Fiatarone MA. Battling insulin resistance in elderly obese people with type 2 diabetes. Bring on the heavy weights. *Diabetes Care* 2003; 26:1580-1588.
- Won S, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, Rekeine N, Harris TB, Schwartz AV, Tylavsky FA, Newman AB. Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes. The health, aging, and body composition study. *Diabetes* 2006; 55:1813-1818.
- Wu JH, Haan MN, Liang J, Ghosh D, Gonzalez HM, Herman WH. Diabetes as a predictor of change in functional status among older mexican americans. A population-based cohort study. *Diabetes Care* 2003; 26:314-319.
- Yvy JL, Zderic TW, Fogt DL. The prevention and treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Exerc Sports Sci Rev* 1999; 27:1-35.
- Zacker RJ, Strength training in diabetes management. *Diabetes Spectrum* 2005; 18: 71-75.