

# Revisión sobre los efectos adaptativos del entrenamiento de diferente orientación, en personas con diabetes tipo 2. Guía para la prescripción del ejercicio

Review of the adaptations of different training orientations, in people with type 2 diabetes. A guide for exercise prescription

Licenciado en Educación Física (UNL) Docente  
adjunto, Universidad FASTA, Mar del Plata  
Co-founder: Costa & Pellenc – Capacitación Consultoría y Entrenamiento  
<http://www.costapellenc.com>

Ignacio Alejandro Costa  
[costa.ignacio@gmail.com](mailto:costa.ignacio@gmail.com)  
(Argentina)

## Resumen

El presente trabajo es una revisión sistemática, de investigaciones de acceso libre, publicadas en los últimos 5 años, en PubMed y DOAJ; que contemplaran en su metodología la aplicación de ejercicios de resistencia aeróbica y de fuerza muscular, en personas con diabetes mellitus tipo 2. Se buscaron las palabras: diabetes type 2, resistance, aerobic, training. Luego de aplicar criterios de exclusión, quedaron 10 artículos. De los cuales se sintetizaron las adaptaciones reportadas. El entrenamiento de fuerza, y el de resistencia, parecen tener similares efectos sobre la HbA1c; lo que no es igual respecto a la composición corporal, el consumo de oxígeno, y el torque muscular. Los datos presentados, dejan en claro la importancia del trabajo de fuerza; y dado que ambas orientaciones son relevantes para las personas con DM-2, deberían (en lo posible) trabajarse en forma concurrente.

Palabras clave: Diabetes tipo 2. Insulino resistencia. Patologías asociadas. Entrenamiento de fuerza. Entrenamiento de resistencia.

## Abstract

This study is a systematic review, on open access researches, published in the last five years, on PubMed and DOAJ; which considered in his methodology with aerobic endurance exercise and muscular strength, in people with type 2 diabetes mellitus. Were searched the following words: diabetes type 2, resistance, aerobic training. After applying exclusion criteria, remained 10 papers, of which the results, were synthesized. Both strength and resistance training, seem to have similar effects on HbA1c but is not same on body composition, oxygen consumption, and muscle torque. The results make clear the importance of resistance training, and both orientations are relevant for people with DM-2; must do it concurrently (if possible).

Keywords: Type 2 diabetes. Insulin resistance. Associated diseases. Resistance training. Endurance training.

Recepción: 20/12/2014 - Aceptación: 28/03/2015

EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires, Año 20, N° 203, Abril de 2015. <http://www.efdeportes.com/>

1 / 1

## Introducción



La diabetes mellitus tipo 2 (DM-2), es una patología crónica, que presenta una elevada morbi-mortalidad, asociada, a un negativo impacto en la calidad de vida. De hecho es un importante predictor de muerte prematura, que reduce hasta en 15 años la expectativa de vida. (Vuori, 2004).

Un tercio de la población diabética no sabe que lo es, hasta que manifiestan problemas graves de salud (Balducci, 2006); como por ejemplo retinopatía, nefropatía, macroangiopatía y neuropatía. (Vuori, 2004).

Además, independientemente de factores genéticos, se encuentra fuertemente asociada a una mala nutrición, la obesidad, y el sedentarismo. (Vuori, 2004).

El riesgo de DM-2, aumenta con el síndrome metabólico (SM); el cual tiene lugar cuando se combinan múltiples factores, como: hipertensión, dislipemia, resistencia a la insulina (RI), y obesidad abdominal. (Vuori, 2004).

Los casos se incrementan en todo el mundo, anualmente; y especialmente en los países en desarrollo. (Wild et al. 2004).

No obstante, una DM-2 controlada, y tratada mediante la alimentación, el ejercicio y la medicación, permite una mejor calidad de vida de quienes la padecen, previniendo la aparición de complicaciones. (The DCCT Research Group, 1993).

La práctica regular de actividad física, disminuye la morbilidad y mortalidad. Especialmente si el ejercicio programado es "vigoroso". (Colberg et al. 2006).

Incluso se ha demostrado que mantenerse activo con 150' semanales de ejercicio y un descenso del peso corporal es más benéfico en la prevención y tratamiento de la DM-2, que el solo el uso de medicación hipoglucemia. (DPP. 2009; 2012).

### Recomendaciones de prescripción de ejercicio

Para el tratamiento de la DM-2 por medio de la actividad física, se propone tanto el entrenamiento resistencia aeróbica (EA), como el de fuerza (EF). (ver tabla 1)

Incluso, se sugiere combinar ambas actividades en forma concurrente (EC); ya sea en días sucesivos alternándolas; en un mismo día; o en una misma sesión.

Tabla 1. Síntesis de posicionamientos de ESSA, ACSM y ADA.

Orientación	Frecuencia	Magnitud de la carga del ejercicio			Objetivo y Modo
		Densidad	Intensidad	Duración / Volumen	
Resistencia	Mín.: 3/sem. Ideal: 5/sem.	No más 2 días inactivo	Moderada: FCRes: 40<60% OMNI-RPE: 3-4	Mín.: 150'/sem. (5*30'/sem.) Ideal: 210'/sem.	Grandes grupos musculares. Caminar, correr, nadar, rodar, remar.
			Vigorosa: FCRes: 60<85% OMNI-RPE: 5-6	Mín.: 60'/sem. (3*20'/sem.) Ideal: 120'/sem.	
Fuerza	Mín.: 2/sem. Ideal: 3/sem.	No 2 días consecutivos	Moderada: 50<70% 1RM	60' totales / 1-2 ser. 10-15 rep. c/1'-2' 8-10 ejercicios	Grandes grupos musculares y posturales. Ejercicios poliarticulares.
			Vigorosa: 70<85% 1RM	60' totales / 3-4 ser. 8-10 rep. c/1'-2' 5-10 ejercicios	

Colberg et al. 2010; Hordern et al. 2012. mín. = mínimo; sem = semana; 1RM = una repetición máxima; ser. = series; rep. = repeticiones; FCRes. = frecuencia cardíaca de reserva; OMNI-RPE = tasa de esfuerzo percibido.

Los efectos adaptativos crónicos, más relevantes que tiene lugar con la práctica regular de ejercicio, son los siguientes:

Mejora el control de glucemia. Gracias al aumento de sensibilidad a la insulina (Peirce, 1999; Kirk et al. 2003; Vuori, 2004); y al transporte de glucosa a la célula muscular (Hargreaves, 1999), por el incremento y mejor traslocación de los pools de GLUT-4. (Thorell et al. 1999).

Favorece el control del peso corporal. (Vuori, 2004; Peirce, 1999). Por cambios en la composición corporal. (Wild et al. 2004). Aspecto de relevancia dada la relación obesidad-DM-2 ("diabesidad"); combinación que empobrece la calidad de vida. (Balducci, 2006).

Desciende el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares. Mejorando el perfil lipídico (Peirce, 1999; Kirk et al. 2003; Vuori, 2004), incrementando la densidad capilar (Peirce, 1999), y beneficiando la función endotelial. (Okada et al. 2010).

Revierte y previene el proceso de sarcopenia y dinapenia. (Andersen et al. 2004; Park et al. 2007). Lo que mejora la capacidad funcional (Wu et al. 2003), beneficiando a demás la estabilidad y minimizando el riesgo de caídas. (Morrison et al. 2010).

Previene la pérdida de masa mineral ósea (Kohrt et al. 2004), dada por eventos microvasculares. (Schwartz et al. 1997, Chau & Edelman, 2002).

No obstante, es necesario reconocer que los efectos adaptativos, de ambas orientaciones del entrenamiento, no se dan en la misma forma; y por ello deberían conocerse con precisión, para poder establecer propuestas de intervención más efectivas y adecuadas a cada persona.

### Metodología

## Selección de instrumentos y recolección de datos

Se realizó una revisión sistemática de la literatura específica, buscando los trabajos de investigación de los últimos 5 años (de enero del 2009 a diciembre del 2014), de acceso libre completo (open access), en la base de datos de PubMed y DOAJ; que contemplaran en su metodología la aplicación de ER, de EF; y como otra alternativa EC en DM-2.

Se buscaron las siguientes palabras: diabetes type 2, resistance, aerobic, training. Identificándose 57 trabajos; de los cuales 49 fueron investigaciones originales y 8 revisiones.

El criterio de exclusión que se aplicó para los trabajos originales fue:

- que los no fueran en humanos;
- que en el diseño de intervención no se presentaran grupos con ambas orientaciones de entrenamiento (resistencia aeróbica y fuerza muscular);
- que en su metodología no se especifiquen los componentes de la magnitud de la carga del ejercicio (volumen, duración, intensidad y densidad).

De las investigaciones recabadas quedaron para su análisis 10 artículos.

## Resultados

### Análisis e interpretación de datos

En la tabla 2, se presentan resumidamente las adaptaciones reportadas por tipo de entrenamiento.

Tabla 2. Síntesis de los trabajos seleccionados.

Autores	Adaptaciones					
	<i>HbA<sub>1c</sub></i>	<i>GI</i>	<i>Grasa corporal</i>	<i>Masa muscular</i>	<i>IMC</i>	<i>Otras</i>
Bacchi et al. (2012a).	↓ ER, EF	12h: ↓↓ ER ↓ EF				<i>HipoGI. tardía:</i> ↑ ER ↓ EF
Bacchi et al. (2012b).	↓ ER, EF	↓ ER, EF	↓ ER, EF	↑↑ EF ↓ ER		-
Swift et al. (2012a).	↓↓ EC ↓ EF, ER		↓↓ EF, EC ↓ ER	↑↑ EF ↔ EC ↓ ER		<i>CRP:</i> ↔ EF, ER
Swift et al. (2012b).						<i>BDNF:</i> ↔ EF, ER
Church et al. (2010).	↓↓ EC ↓ EF, ER		↓↓ EF, EC ↓ ER	↑↑ EF ↔ EC ↓ ER		<i>VO<sub>2</sub>peak:</i> ↑↑ EC; ↑ ER ↔ EF <i>Torque muscular:</i> ↑↑ EF ↑ EC ↓ ER
Ng et al. (2010).	↓ EF, ER	↓ EF, ER	↓ EF, ER			<i>Per. Cintura:</i> ↓↓ EF ↓ ER <i>VO<sub>2</sub>peak:</i> ↑↑ ER ↑ EF
Ng et al. (2011).						<i>Encuesta salud:</i> ↑↑ EF ↑ ER
Leite de Souza et al. (2013).		<i>Posprandial:</i> ↔ ER, EC ↓ EF				
Lima et al. (2012).					↓ ER, EF, EC	
Yavari et al. (2012).	↓ ER, EF, EC	<i>Posprandial:</i> ↓↓↓ EC ↓↓ ER ↓ EF	↓↓ EF, EC ↔ ER	↑ EF, EC ↓ ER	↔ ER, EF, EC	<i>Grasa visceral:</i> ↓↓ EC ↓ EF ↔ ER <i>VO<sub>2</sub>max:</i> ↑↑ ER EF ↑ EC

sem. = semana; rep. = repeticiones; RMs = repeticiones máximas; 1RM = una repetición máxima; HbA<sub>1c</sub> = hemoglobina glucosilada; GI = glucosa;

BDNF = Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro en sangre, asociado a la memoria, el aprendizaje y las enfermedades neurodegenerativas; CRP = Proteína C reactiva en sangre, relacionada con la respuesta inflamatoria y el riesgo de cardiopatía; UL= umbral de lactato; VO<sub>2</sub>peak = pico de consumo de oxígeno; ↑ = aumento; ↓ = disminución; ↔ = invariable, o no significativo

De los datos presentados se pueden establecer ciertos puntos, que incluso se relacionan otros ya publicados por Sigal y colaboradores (2007).

- El ER y EF parecen presentar similares cambios crónicos en la HbA<sub>1c</sub>; cuestión que se intensificaría cuando se realiza EC.

- El riesgo de hipoglucemia tardía (12hs pos-ejercicio), es mayor con el ER; lo que puede agravar una hipoglucemia nocturna.
- No parece haber diferencias significativas, en la respuesta benéfica (preventiva), a las enfermedades neurodegenerativas y procesos inflamatorios.
- La sensación de salud (bienestar), es mayor con el EF.
- El ER presenta un incremento significativo del consumo máximo de oxígeno.
- El ER evidencia una menor reducción del tejido adiposo, que el EC, o el EF; y peligrosamente parece haber incluso una pérdida de masa muscular. Por el contrario con el EF, se observa una ganancia importante de esta, así como del torque muscular.

## Discusión

El ER es el que recomienda con más frecuencia en la clínica (Snijders et al. 2011; Thent et al. 2013), omitiéndose que implica una pérdida de masa muscular (Sigal et al. 2007; Snijders et al. 2011), que no solo reduce el gasto metabólico; si no, también la capacidad de trabajo.

Por otra parte, considerando la diabetes (Balducci, 2006), y los factores del SM (Laclaustra Gimeno et al. 2005), debe contemplarse el efecto que tiene la acumulación de grandes cantidades de tejido adiposo sobre la conversión de andrógenos a estrógenos (aromatización de la testosterona) (McMurray, & Hackney, 2005; Allan et al. 2006); estableciéndose que existe una asociación entre obesidad, RI y bajos niveles de testosterona (T). (Grossmann, 2011).

En este sentido, vale destacar que la T es un importante modulador de la masa muscular.; y con el EF se producen aumentos agudos en sangre, especialmente cuando la magnitud de la carga es elevada, sobre los grandes grupos musculares. Esto, sumado un descenso de peso corporal, en personas con obesidad, ha evidenciado una reducción en la RI. (Grossmann, 2011).

Si sumamos que el diabético, producto de una disminución de la activación nerviosa máxima voluntaria y la pérdida de características cualitativas del músculo (especialmente fibras FT-II) (Izquierdo y Aguado, 1998), en los 3 primeros años de diagnóstico cae un 50% más rápido la fuerza, que quien no lo es (Park et al 2007); podría bien inferirse que el EF debe ser una recomendación principal. Además aumenta más la sensación de bienestar (Tulloch et al. 2013), que con el ER (Ng et al. 2010); lo que no es un dato menor considerando que las personas con RI parecen presentar cierto estado de ánimo deprimido. (Ryan et al. 2012).

Pese a lo expuesto, e incluso considerando que el EF se ha asociado con un menor riesgo de DM-2, independientemente del nivel resistencia aeróbica (Grøntved et al. 2012), y que hasta se ha reportado que podría provocar un mejor control de la glucemia (Bweir et al. 2009); ambas orientaciones parecen tener similar impacto a mediano plazo sobre la HbA1c (Thent et al. 2013).

A demás, hay que reconocer, que con el EF, el efecto sobre los factores de riesgo cardiovascular, no es totalmente claro (Chudyk & Petrella et al. 2011); cuestión que si, ha sido demostrada con el ER. (Okada et al. 2010).

Es claro que el ejercicio en si, tiene un impacto positivo sobre el estado de salud que se correlaciona bien, con la mejoría clínica en los pacientes con DM-2 (Ng et al. 2011); pero de no existir impedimentos, el EC debería ser la propuesta habitual.

No sólo porque parece provocar un mejor control de la glucemia, la composición corporal y la condición física (Touvra et al. 2011; Yavari et al. 2012); y el impacto potenciado contra la diabetes (Schwingshackl et al. 2013); si no, por su efecto anti-aterogénico y anti-inflamatorio, que reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular. (Touvra et al. 2011).

Sin embargo, la aplicación práctica podría no ser tan sencilla, ya que existe cierto "conflicto enzimático"; dado por el aumento de la actividad de la AMPK (necesaria para la biogénesis mitocondrial), producto de niveles bajos de ATP durante el ER, que inhibiría a la mTOR, afectando la señalización para la síntesis de proteínas, perjudicando el desarrollo de la masa muscular, pretendido con el EF. (Docherty & Sporer 2000; Hawley, 2009). Esto posiblemente explicaría porque algunos autores reportan un menor aumento de la masa muscular con el EC. (Church et al. 2010; Bacchi et al. 2012b; Swift et al. 2012a).

El grado de interferencia dependería de la modalidad, la frecuencia y duración del ER (Wilson et al. 2012), pero podría también minimizarse si el EF, tuviera un volumen moderado de repeticiones, evitando llegar la fatiga muscular. (Izquierdo-Gabarrén et al. 2010). Este punto es interesante, pues si bien hay un menor desarrollo de la masa

muscular (Kraemer & Ratamess, 2004), igualmente mejora en la captación de la glucosa, producto de cambios cualitativos en el músculo. (Tresierras & Balady, 2009).

Complicando la situación en la DM-2, se ha demostrado que la desregulación de la AMPK juega un papel importante en la patogénesis de la RI y el SM. De modo que las estrategias que la activen (como la restricción calórica y el ER), deben ser aprovechadas. (Ruderman et al. 2013).

Como limitación de la presente revisión, se reconoce que existen otros artículos que no son de open access, y que pueden aportar valiosa información sobre el tema. Aunque, cabe considerar que parecería que algunos investigadores tienen intereses financieros relacionados con el uso de drogas, recomendadas en sus trabajos; y aunque no se podrían sacar conclusiones sobre la validez de estos, la credibilidad de muchas directrices está en duda (Norris et al. 2013), lo que vuelve necesario un análisis crítico de las publicaciones científicas.

## Conclusión

Los datos presentados, dejan en claro que ambas orientaciones son relevantes para las personas con DM-2, y deben ser propuestas, en lo posible, en forma concurrente. No obstante, un cambio de enfoque debería platearse, proponiéndose el EF como base y en forma paralela, pero en segundo orden, el ER.

Las investigaciones futuras deberían examinar el efecto de la articulación de ambas orientaciones, contemplando diferentes alternativas que pueden proponerse modificando las variables de la magnitud de la carga de entrenamiento, y sus respuestas adaptativas a largo plazo en esta población.

## Bibliografía

- Allan, C.A., Strauss, B.J., Burger, H.G., Forbes, E.A., & McLachlan, R.I. (2006). The association between obesity and the diagnosis of androgen deficiency in symptomatic ageing men. *Med J Aust*, 185 (8), 424-427.
- Andersen, H., Nielsen, S., Mogensen, C.E., & Jakobsen, J. (2004) Muscle strength in type 2 diabetes. *Diabetes*, 53, 1543-1548.
- Bacchi, E., Negri, C., Trombetta, M., Zanolin, M.E., Lanza, M., Bonora, E. et al. (2012a). Differences in the acute effects of aerobic & resistance exercise in subjects with type 2 diabetes: results from the RAED2 randomized trial. *PLoS ONE*. 7 (12), e49937.
- Bacchi, E., Negri, C., Zanolin, M.E., Milanese, C., Faccioli, N., Trombetta, M. et al. (2012b). Metabolic effects of aerobic training and resistance training in type 2 diabetic subjects: a randomized controlled trial (the RAED2 study). *Diabetes Care*, 35 (4), 676-682.
- Balducci. S. (2006). Efectos de la actividad física regular en el estado de salud de los enfermos metabólicos: la experiencia italiana. *Actas Jornadas Internacionales de Actividad Física y Salud*. (pp. 48-75). Madrid: Ganasalud.
- Bweir, S., Al-Jarrah, M., Almalaty, A.M., Maayah, M., Smirnova, I.V., Novikova, L. et al. (2009). Resistance exercise training lowers HbA1c more than aerobic training in adults with type 2 diabetes. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 10, 1-27.
- Chau, D.L., & Edelman, S.V. (2002). Osteoporosis and diabetes. *Clin Diabetes*, 20, 153-157.
- Chudyk, A., & Petrella, R.J. (2011). Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Care*, 34 (5), 1228-1237.
- Church, T.S., Blair, S.N., Cocroham, S., Johannsen, N., Johnson, W., Kramer, K. et al. (2010). Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *JAMA*. 24, 304(20), 2253-2262.
- Colberg, S.R., Sigal, R.J., Fernhall, B., Regensteiner, J.G., Blissmer, B.J., Rubin, R.R. et al. (2010). Exercise and type 2 diabetes The ACSM and the ADA: Joint position statement. *Diabetes Care*, 33, e147-e167.
- Docherty, D., & Sporer, B. (2000). A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med*, 30 (6), 385-394.
- DPP. (2009). 10-year follow-up of diabetes incidence and weight loss in the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. *Lancet*, 14, 374(9702), 1677-1686.
- DPP. (2012). Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*,

- Grossmann, M. (2011). Low testosterone in men with type 2 diabetes: Significance and treatment. *J Clin Endocrinol Metab*, 96, 0000–0000.
- Grøntved, A., Rimm, E.B., Willett, W.C., Andersen, L.B., & Hu, F.B. (2012). A prospective study of weight training and risk of type 2 diabetes mellitus in men. *Arch Intern Med*, 172 (17), 1306-1312.
- Kirk, A., Mutrie, N., MacIntyre, P., & Fisher, M. (2003). Increasing physical activity in people with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 26, 1186-11923.
- Kraemer, W.J., & Ratamess, N.A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 36 (4), 674-688.
- Hargreaves, M. (1999). Ingesta de Carbohidratos y ejercicio: Efectos sobre el metabolismo y la performance. *Sport Science Exchange*, 12 (4), 1-4.
- Hawley, J.A. (2009). Molecular responses to strength and endurance training. Are they incompatible. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34, 355-361.
- Hordern, M.D., Dunstan, D.W., Prins, J.B., Baker, M.K., Singh, M.A., & Coombes, J.S. (2012). 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.
- Izquierdo, M., y Aguado, X. (1998). Efectos del envejecimiento sobre el sistema neuromuscular. *Archivos de Medicina del Deporte*. 15 (66), 299-306.
- Izquierdo-Gabarren, M, González De Txabarri Expósito, R., García-Pallarés, J., Sánchez-Medina, L., De Villarreal, E.S., & Izquierdo, M. (2010). Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Med Sci Sports Exerc*, 42 (6), 1191-1199.
- Kohrt, W.M., Bloomfield, S.A., Little, K.D., Nelson, M.E., & Yingling, V R. (2004). ACSM position stand physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc*, 36, 1985-1996.
- Laclaustra Gimeno, M., Bergua Martínez, C., Pascual Calleja, I., y Casasnovas Lenguas, J. A. (2005). Síndrome metabólico. Concepto y fisiopatología. *Rev Esp Cardiol*, 5, 3D-10D.
- Leite de Souza, F.P., Weldes da Silva Cruz, P., Souto Maior Ferreira Neta, J., de Azevedo Tavares, M.C., Lins França, J.A., & Martins Vancea, D.M. (2013). Efeito da intervenção de diferentes métodos de treinamento sobre a glicemia pós-prandial de diabéticos tipo 2. *ConScientiae Saúde*, 12 (2), 227-233.
- Lima, G.N., Queiroz, S.L., Cruz, P.W.S., Santos, H.L.B.A., Cavalcanti, C.B.S., & Vancea, D.M.M. (2012). Efeitos dos treinamentos aeróbico, resistido e combinado sobre a composição corporal de diabéticos tipo 2. *ConScientiae Saúde*, 11 (4), 543-549.
- McMurray, R.G., & Hackney, A.C. (2005). Interactions of metabolic hormones, adipose tissue and exercise. *Sports Med*, 35 (5), 393-412.
- Morrison, S., Colberg, S.R., Mariano, M., Parson, H.K., & Vinik, A.I. (2010). Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 33 (4), 748-750.
- Ng, C. L., Tai, E.S., Goh, S.Y., & Wee, H.L. (2011). Health status of older adults with Type 2 diabetes mellitus after aerobic or resistance training: a randomised trial. *Health Qual Life Outcomes*, 2, 9, 59.
- Ng, C.L., Goh, S.Y., Malhotra, R., Østbye, Y., & Tai, E.S. (2010). Minimal difference between aerobic and progressive resistance exercise on metabolic profile and fitness in older adults with diabetes mellitus: a randomised trial. *J Physiother*. 56 (3), 163-170.
- Norris, S.L., Holmer, H.K., Ogden, L.A., Burda, B.U., & Fu, R. (2013). Conflicts of interest among authors of clinical practice guidelines for glycemic control in type 2 diabetes mellitus. *PLoS ONE*, 8 (10), e75284.
- Okada, S., Hiuge, A., Makino, H., Nagumo, A., Takaki, H., Konishi, H. et al. (2010). Effect of exercise intervention on endothelial function and incidence of cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes. *J Atheroscler Thromb*, 31, 17(8), 828-33
- Park, S.W., Goodpaster, B.H., Strotmeyer, E.S., Kuller, L.H., Broudeau, R., Kammerer, C. et al. (2007).

Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes: The health, aging, and body composition study. *Diabetes Care*, 30, 1507-1512.

- Peirce, N. (1999). Diabetes and exercise. *Br J Sports Med*, 33, 161-173.
- Ruderman, N. B., Carling, D., Prentki, M., & Cacicedo, J. M. (2013). AMPK, insulin resistance, and the metabolic syndrome. *J Clin Invest*, 123 (7), 2764-2772.
- Ryan, J.P., Sheu, L.K., Critchley, H.D., & Gianaros, P. J. (2012). A neural circuitry linking insulin resistance to depressed mood. *Psychosom Med*, 74 (5), 476-482.
- Schwartz, A.V., Sellmeyer, D.E., Ensrud, K.E., Cauley, J.A., Tabor, H.K., Schreiner, P.J. et al. (1997). Older women with diabetes have an increased risk of fractures: A prospective study. *J Clin Endocrinol Metab*, 86, 32-38.
- Snijders, T., Verdijk, L.B., Hansen, D., Dendale, P., & van Loon, L.J. (2011). Continuous endurance-type exercise training does not modulate satellite cell content in obese type 2 diabetes patients. *Muscle Nerve*, 43 (3), 393-401.
- Schwingshackl, L., Dias, S., Strasser, B., & Hoffmann, G. (2013). Impact of different training modalities on anthropometric and metabolic characteristics in overweight/obese subjects: A systematic review and network meta-analysis. *PLoS ONE*, 8 (12), e82853.
- Sigal, R.J., Kenny, G.P., Boulé, N.G., Wells, G.A., Prud'homme, D., Fortier, M. et al. (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes. *Annals of Internal Medicine*, 147 (6), 357-369.
- Swift, D.L., Johannsen, N.M., Earnest, C.P., Blair, S.N., & Church, T.S. (2012a). Effect of exercise training modality on C-reactive protein in type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*, 44 (6), 1028-1034.
- Swift, D.L., Johannsen, N.M., Myers, V.H., Earnest, C.P., Smits, J.A., Blair, S.N. et al. (2012b).
- The DCCT Research Group. (1993). The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med*, 329, 977-998.
- The effect of exercise training modality on serum brain derived neurotrophic factor levels in individuals with type 2 diabetes. *PLoS ONE*, 7 (8), e42785.
- Thent, Z.C., Das, S., & Henry, L.J. (2013). Role of Exercise in the management of diabetes mellitus: The global scenario. *PLoS ONE*, 8 (11), e80436.
- Thorell, A., Hirshman, M.F., Nygren, J., Jorfeldt, L., Wojtaszewski, J.F., Dufresne, S.D. et al (1999). Exercise and insulin cause GLUT-4 translocation in human skeletal muscle. *Am J Physiol*, 277 (4 Pt 1), E733-741.
- Touvra, A.M., Volaklis, K.A., Spassis, A.T., Zois, C.E., Douda, H. D., Kotsa, K. et al. (2011). Combined strength and aerobic training increases transforming growth factor- $\beta$ 1 in patients with type 2 diabetes. *Hormones (Athens)*, 10 (2), 125-130.
- Treserras, M.A., & Balady, G.J. (2009). Resistance training in the treatment of diabetes and obesity. *Mechanisms and outcomes*. *J Cardiopulm Rehabil*, 29, 67-75.
- Tulloch, H., Sweet, S.N., Fortier, M., Capstick, G., Kenny, G.P., & Sigal, R.J. (2013). Exercise facilitators and barriers from adoption to maintenance in the diabetes aerobic and resistance exercise trial. *Canadian Journal of Diabetes*, 37 (6), 367-374.
- Vuori, I. (2004). Physical inactivity as a disease risk and health benefits of increased physical activity. *Health enhancing physical activity*. WHO. Perspectives, 6.
- Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R., & King, H. (2004). Global prevalence of diabetes estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*, 27 (5), 1047-1053.
- Wilson, J.M., Marin, P.J., Rhea, M.R., Wilson, S.M.C., Loenneke, J.P., & Anderson, J.C. (2012). Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercise. *J Strength Cond Res*, 26 (8), 2293-2307.
- Wu, J.H., Haan, M.N., Liang, J., Ghosh, D., Gonzalez, H.M., & Herman, W.H. (2003). Diabetes as a predictor of



change in functional status among older mexican americans. A population-based cohort study. *Diabetes Care*, 26, 314-319.

- Yavari, A., Najafipour, F., Aliasgarzadeh, A., Niafar, M., & Mobasser, M. (2012). Effect of aerobic exercise, resistance training or combined training on glycaemic control and cardio-vascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Biology of Sport*, 29, 135-143.