



Trabajo Original

Obesidad y síndrome metabólico

Efectos del ejercicio físico intervalado en la mejora del control glicémico de adultos obesos con insulinoresistencia

Effects of interval exercise in the improvement of glycemic control of obese adults with insulin resistance

Verenna Dalmazzo^{1,2}, Álvaro Ponce^{1,2}, Pedro Delgado-Floody³, Vanessa Carrasco-Alarcón³ y Cristian Martínez-Salazar³

¹Centro de Ejercicio Físico y Salud. MitoAustral. Punta Arenas, Chile. ²Universidad de Magallanes. Punta Arenas, Chile. ³Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile

Resumen

Introducción: el ejercicio físico presenta evidencia para el tratamiento de la resistencia a la insulina. Sin embargo, es necesario profundizar en base a estos conocimientos.

Objetivo: comparar la efectividad de un programa de entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) con uno de resistencia muscular (RT) para mejorar parámetros bioquímicos de insulina/glicemia basal y poscarga.

Material y métodos: se estudiaron 28 personas (edad 36 ± 13 años) insulinoresistentes no medicadas. Se formaron aleatoriamente dos grupos: grupo RT ($n = 14$) y grupo HIIT ($n = 14$). Cada grupo participó de 12 semanas de intervención (tres sesiones/semana). Ambos grupos fueron homogéneos ($p > 0,05$) en cuanto a edad, peso, talla e índice de masa corporal (IMC). La glicemia/insulinemia basal y poscarga igual fueron evaluadas pre- y posintervención.

Resultados: tras la intervención existieron disminuciones significativas en ambos grupos en grasa (%), HIIT (Pre = $40,20 \pm 7,31$ vs. Post = $36,49 \pm 7,28$, $p = 0,006$), RT (Pre: $39,04 \pm 8,52$ vs. Post: $34,91 \pm 8,80$, $p = 0,002$); en insulina en ayunas HIIT (Pre: $20,64 \pm 9,44$ vs. Post: $15,20 \pm 6,47$ uIU/ml, $p = 0,0006$), RT (Pre: $18,50 \pm 8,24$ vs. Post: $13,59 \pm 6,11$ uIU/ml, $p = 0,015$); en insulina post carga, HIIT (Pre: $127,57 \pm 71,73$ vs. Post: $69,25 \pm 39,42$ uIU/ml, $p < 0,0001$), RT (Pre: $125,78 \pm 59,85$ vs. Post: $63,45 \pm 36,44$ uIU/ml, $p < 0,0001$); y en glicemia en ayunas, HIIT (Pre: $92,86 \pm 11,39$ vs. Post: $87,36 \pm 8,00$ mg/dl, $p = 0,031$), RT (Pre: $90,79 \pm 11,26$ vs. Post: $85,26 \pm 7,88$ mg/dl, $p = 0,045$). En relación a la glicemia poscarga, solo el grupo HIIT disminuyó significativamente (Pre: $128,57 \pm 26,90$ vs. Post: $103,47 \pm 12,70$ mg/dl, $p < 0,001$), reportando diferencias con el grupo RT ($p < 0,042$).

Conclusión: ambas metodologías de trabajos muestran similares resultados para el tratamiento de la insulinoresistencia.

Palabras clave:

Ejercicio.
Insulinoresistencia.
Obesidad. Glicemia.

Abstract

Background: physical exercise presents evidence for the treatment of insulin resistance. However, it is necessary to deepen this knowledge.

Objective: to compare the effectiveness of a high intensity interval training program (HIIT) with one of resistance training (RT) to improve biochemical parameters of insulin/basal glycemia and post-load.

Material and methods: twenty-eight (36 ± 13 years old) non-medicated insulin-resistant individuals (age 36 ± 13 years) were studied. Two groups were randomly formed: RT group ($n = 14$) and HIIT group ($n = 14$). Each group participated in 12 weeks of intervention (three sessions/week). Both groups were homogeneous ($p > 0.05$) in terms of age, weight, height and BMI. Basal glycemia/insulinemia and post-load were evaluated, pre and post intervention.

Results: after the intervention there were significant decreases in both groups in: fat (%) HIIT (Pre = 40.20 ± 7.31 vs Post = 36.49 ± 7.28 , $p = 0.006$), RT (Pre: 39.04 ± 8.52 vs Post: 34.91 ± 8.80 , $p = 0.002$); fasting insulin, HIIT (Pre: 20.64 ± 9.44 vs. Post: 15.20 ± 6.47 uIU/ml, $p = 0.0006$), RT (Pre: 18.50 ± 8.24 vs Post: 13.59 ± 6.11 uIU/ml, $p = 0.015$); insulin post load, HIIT (Pre: 127.57 ± 71.73 vs Post: 69.25 ± 39.42 uIU/ml, $p < 0.0001$), RT (Pre: 125.78 ± 59.85 vs Post: 63.45 ± 36.44 uIU/ml, $p < 0.0001$); and fasting glycemia, HIIT (Pre: 92.86 ± 11.39 vs Post: 87.36 ± 8.00 , $p = 0.031$), RT (Pre: 90.79 ± 11.26 vs Post: 85.26 ± 7.88 mg/dl, $p = 0.045$). In relation to post-load glycemia only the HIIT group decreased significantly (Pre: 128.57 ± 26.90 vs Post: 103.47 ± 12.70 mg/dl, $p < 0.001$), reporting differences with the RT group ($p < 0.042$).

Conclusion: both programs showed similar results for the treatment of insulin resistance.

Key words:

Exercise. Insulin
resistance. Obesity.
Glycemia.

Recibido: 15/09/2018 • Aceptado: 30/12/2018

Dalmazzo V, Ponce Á, Delgado-Floody P, Carrasco-Alarcón V, Martínez-Salazar C. Efectos del ejercicio físico intervalado en la mejora del control glicémico de adultos obesos con insulinoresistencia. *Nutr Hosp* 2019;36(3):578-582

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.2075>

Correspondencia:

Pedro Delgado-Floody. Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación. Universidad de La Frontera. C/ Uruguay, 1980. Temuco, Chile
e-mail: pedro.delgado@ufrontera.cl

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indicó que 1,5 millones de personas fallecieron de forma directa a causa de la diabetes mellitus tipo 2 (DMT2) en el año 2012 (1). Además, se estima que para el año 2030 crecerá en un 54% el número mundial de personas con esta patología (2). Por otra parte, es amplia la evidencia científica que existe y que demuestra que la prescripción de ejercicio físico adaptada en cuanto a volumen, intensidad y metodología a las necesidades del paciente logra no sólo prevenir patologías como la DMT2 (3-7), sino también mejorar la funcionalidad metabólica, como, por ejemplo, el mecanismo de insulinosensibilidad en tejidos como el músculo esquelético y el tejido adiposo, que se produce por medio del aumento de la actividad de síntesis proteica y biogénesis mitocondrial (8). Así, el ejercicio físico se transforma en una herramienta clave para la rehabilitación y prevención del riesgo cardiometabólico, obesidad y la insulinoresistencia con sus progresiones, patologías que en general tienen una génesis común (9-12).

Diversos estudios también exponen que algunas metodologías de ejercicio físico como fuerza muscular o en inglés "*Resistance training*" (RT) (13, 14) y el entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) (15) logran mejorar de manera significativa el estado metabólico y la salud a nivel de composición corporal, debido a que atacan el ineficiente funcionamiento del músculo esquelético. Además, inducen adaptaciones que están relacionadas con mejoras en la salud cardiovascular y la capacidad cardiorrespiratoria (16). En algunos estudios (17, 18), las mejoras en la salud se producen solo después de unas pocas sesiones.

Debido a los antecedentes existentes y al crecimiento sostenido de la DMT2 en el mundo, el objetivo de la presente investigación fue comparar la efectividad de un programa de HIIT con uno de RT para mejorar parámetros bioquímicos de insulina/glicemia basal y poscarga en pacientes obesos con insulinoresistencia.

MATERIAL Y MÉTODO

PARTICIPANTES

La muestra del estudio fue voluntaria y por conveniencia. Está compuesta por 28 sujetos (edad 36 ± 13 años) insulinoresistentes con sobrepeso u obesidad, los cuales fueron distribuidos de forma aleatoria de la siguiente manera: 14 adultos con la metodología RT 1' ejercicio, 2' descanso, tres series de cada ejercicio ($1 \times 2 \times 3$) (edad $33 \pm 10,7$ años), y el grupo HIIT, compuesto por 14 adultos (edad $39 \pm 14,6$ años). La investigación fue aprobada por el Comité de Ética Local.

PROCEDIMIENTOS

Los pacientes fueron sometidos a evaluaciones de peso (Tanita® Model 2001, China) y grasa corporal a través de bioimpedancia tetrapolar (Inbody S10). Para ello, se les evaluó ligeros de ropa y sin elementos metálicos externos. Por otra parte, se realizaron

pruebas de tolerancia a la glucosa oral (PTGO, 75 g de glucosa) y se obtuvieron valores de insulina/glicemia basal (con ayuno previo ≥ 8 horas) y poscarga (120 minutos) mediante el método de extracción de sangre venosa.

INTERVENCIÓN

En ambos grupos de intervención, a los pacientes en tratamiento con metformina se les suspendió la medicación previo consentimiento del médico tratante, antes de comenzar con las evaluaciones de laboratorio y el protocolo de intervención. El tratamiento se realizó en las instalaciones del Centro de Ejercicio Físico y Salud MitoAustral (Punta Arenas, Chile) tres veces a la semana, en días no consecutivos y durante 12 semanas.

En el grupo RT, se consideró el trabajo de 12 grupos musculares, con cargas externas, organizados en cuatro circuitos de tres ejercicios cada uno y completando un total de 36 minutos efectivos de ejercicio por sesión. Las cargas se aplicaron según el fallo muscular del individuo dentro del margen de tiempo determinado. Asimismo, debía realizar entre 30 y 40 repeticiones (el número de repeticiones se anotaba en una planilla) dentro del mismo tiempo para asegurar que el ejercicio fuese de resistencia y no de fuerza; de esta manera se manejaba el aumento o la disminución de las cargas. Por otra parte, se consideró un calentamiento de diez minutos y cinco minutos de vuelta a la calma (enfriamiento), con estiramientos de cada uno de los grupos musculares trabajados (total sesión = 51 minutos).

En cuanto al grupo HIIT, realizaron pedaleo sobre una bicicleta de spinning (Oxford BE-2701). Se consideró un calentamiento inicial de diez minutos al 50% de la frecuencia cardiaca máxima (FCM = $220 - \text{de edad}$), seguido de un minuto de pedaleo "*all out*" a una velocidad de entre 35-45 km/h, combinado con dos minutos de descanso pasivo, repitiendo el ejercicio diez veces. Al terminar la última serie, el individuo descansaba sentado en la bicicleta durante dos minutos, para luego realizar la etapa de enfriamiento a través de estiramientos de las zonas trabajadas, completando un tiempo efectivo total de 45 minutos por sesión.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

En las figuras se utilizaron la media y la desviación estándar (DE). Se utilizó el test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos y el test de Levene para establecer la homocedasticidad. La prueba ANOVA de medidas repetidas fue utilizada para determinar diferencias entre las medias antes y después de la intervención. El nivel para significancia estadística se estableció en $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS (versión 23.0).

RESULTADOS

En la evaluación basal de las variables antropométricas no existieron diferencias significativas entre ambos grupos ($p > 0,005$) (Tabla I).

Tabla I. Características antropométricas en pre- y postintervención

Variable	RT		HIIT		Valor p Pre	Valor p Post
	Pre	Post	Pre	Post		
Edad (años)	32,5 ± 10,7	-	38,6 ± 14,6	-	0,201	-
Peso (kg)	84,5 ± 22,7	80,2 ± 20,4	82,1 ± 16,1	80,0 ± 15,3	0,922	0,851
Talla (m)	1,62 ± 0,1	-	1,62 ± 0,1	-	0,872	-
IMC (kg/m ²)	31,7 ± 6,6	30,1 ± 5,8	30,8 ± 5,0	30,2 ± 4,6	0,872	0,844

Datos presentados como media ± DE. IMC: índice de masa corporal; RT: grupo resistencia muscular (sobrecarga) 1 x 2 x 3; HIIT: grupo de entrenamiento intervalado de alta intensidad 1 x 2 x 10.

Antes y después de la intervención existieron disminuciones significativas en el porcentaje de grasa de ambos grupos, en el grupo HIIT (Pre = 40,20 ± 7,31 vs. Post = 36,49 ± 7,28%, p = 0,006) y en el grupo RT (Pre: 39,04 ± 8,52 vs. Post: 34,91 ± 8,80%, p = 0,002) (Fig. 1). En la comparación entre los grupos HIIT y RT no existieron diferencias significativas en Pre y Post (p > 0,05).

En la insulina en ayunas existieron reducciones significativas en el grupo HIIT (Pre: 20,64 ± 9,44 vs. Post: 15,20 ± 6,47 uIU/ml, p = 0,0006) y en el grupo RT (Pre: 18,50 ± 8,24 vs. Post: 13,59 ± 6,11 uIU/dl, p = 0,015) (Fig. 2). En la comparación entre los grupos HIIT y RT no existieron diferencias significativas en Pre y Post (p > 0,05).

Por otra parte, la insulina poscarga demostró una variación significativa en ambos grupos: HIIT (Pre: 127,57 ± 71,73 vs. Post: 69,25 ± 39,42 uIU/ml, p < 0,0001) y RT (Pre: 125,78 ± 59,85 vs. Post: 63,45 ± 36,44 uIU/ml, p < 0,0001) (Fig. 3). En la comparación entre los grupos HIIT y RT no existieron diferencias significativas en Pre y Post (p > 0,05).

Respecto al comportamiento de la glicemia en ayunas, esta disminuyó significativamente en ambos grupos: grupo HIIT (Pre: 92,86 ± 11,39 vs. Post: 87,36 ± 8,00 mg/dl, p = 0,031) y grupo RT (Pre: 90,79 ± 11,26 vs. Post: 85,26 ± 7,88 mg/dl, p = 0,045)

(Fig. 4). En la comparación entre los grupos HIIT y RT no existieron diferencias significativas en Pre y Post (p > 0,05).

En relación a la glicemia poscarga, el grupo RT no experimentó una reducción significativa de sus valores en el pre- y postintervención, en cambio, en el grupo HIIT disminuyó significativamente (Pre: 128,57 ± 26,90 vs. Post: 103,47 ± 12,70 mg/dl, p < 0,001) (Fig. 5). Existieron diferencias significativas postintervención entre RT vs. HIIT (p < 0,042).

DISCUSIÓN

El objetivo de la presente investigación fue comparar la efectividad de un programa de HIIT con uno de RT para mejorar parámetros bioquímicos de insulina/glicemia basal y poscarga en pacientes obesos con insulinorresistencia. El principal hallazgo de esta investigación es que ambos métodos mejoran los parámetros de glicemia e insulina en ayuno y poscarga. Además, se logró una disminución significativa de la grasa corporal (%). Por tal motivo, ambos métodos son factibles de aplicar respetando los principios fisiológicos y la condición física inicial de cada sujeto.

En el grupo HIIT disminuyó la glicemia en ayuno y poscarga de forma significativa. Por este motivo se propone la elección

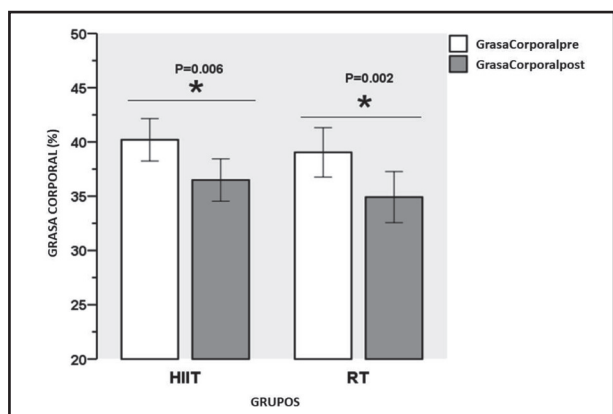


Figura 1. Cambios en el % de grasa corporal pre- y postintervención. Datos presentados como media ± DE. Los grupos son presentados como grupo RT 1 x 2 x 3 y grupo HIIT 1 x 2 x 10. Los valores de significancia son señalados como *p < 0,05.

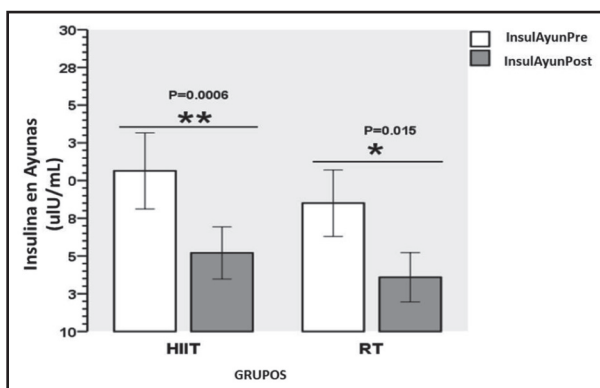


Figura 2. Cambios en la insulina en ayunas pre- y postintervención. Los datos se presentan como media ± DE. Los grupos son presentados como grupo RT 1 x 2 x 3 y grupo HIIT 1 x 2 x 10. Los valores de significancia son señalados como *p < 0,05, **p < 0,01.

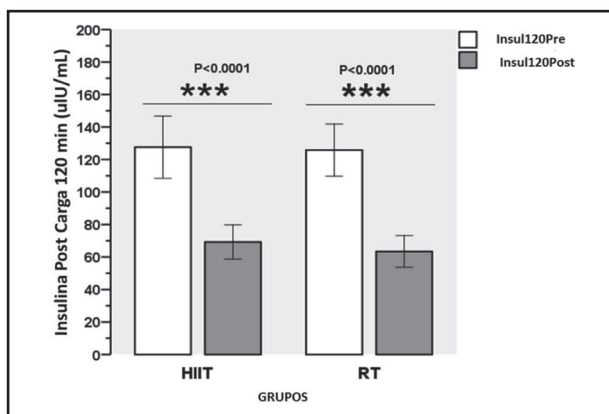


Figura 3.

Cambios en la insulina poscarga 120 minutos pre- y postintervención. Los datos se presentan como media ± DE. Los grupos son presentados como grupo RT 1 x 2 x 3 y grupo HIIT 1 x 2 x 10. Los valores de significancia son señalados como *** $p < 0,0001$.

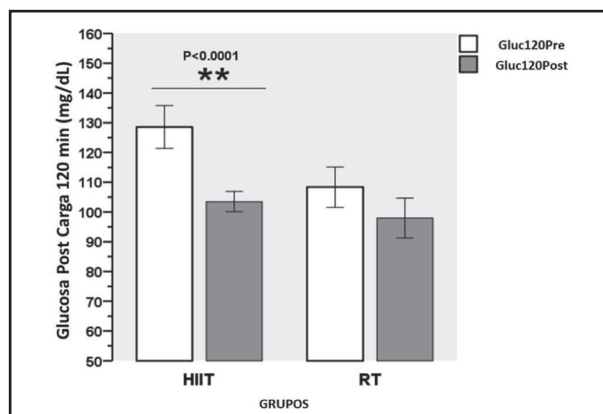


Figura 5.

Cambios en la glucosa poscarga 120 minutos pre- y postintervención. Los datos se presentan como media ± DE. Los grupos son presentados como grupo RT 1 x 2 x 3 y grupo HIIT 1 x 2 x 10. Los valores de significancia son señalados como ** $p < 0,0001$.

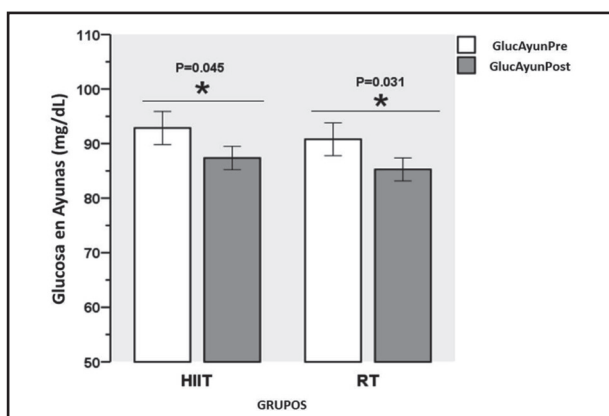


Figura 4.

Cambios en la glucosa en ayunas pre- y postintervención. Los datos se presentan como media ± DE. Los grupos son presentados como grupo RT 1 x 2 x 3 y grupo HIIT 1 x 2 x 10. Los valores de significancia son señalados como * $p < 0,05$.

de este tipo de entrenamiento dentro de las terapias de primera línea para el tratamiento de DMT2. Similares resultados fueron reportados en una investigación en la cual se utilizó un protocolo HIIT durante 12 semanas (19). Sin embargo, estudios de menor duración no han reportado cambios significativos en la glicemia en ayuno (20); por lo tanto, el tiempo es un factor que debe ser considerado. Otra investigación reportó una mejora en el control glicémico y la función de las células β pancreáticas en pacientes con DMT2, demostrando que HIIT es una estrategia de ejercicio beneficiosa para la salud de los pacientes (21).

En la presente investigación, la insulina en ayunas y poscarga mejoró de forma significativa en ambos grupos de estudio. Asimismo, algunas investigaciones han reportado mejoras en la sensibilidad de la insulina con una intervención HIIT (21-23). Los

programas HIIT presentan mayor actividad de proteínas relacionadas con el metabolismo glicolítico al compararse con ejercicios continuos de media a baja intensidad (22). Además, presentan aumento de la captación de glucosa por parte del tejido muscular, lo que mejora el control glicémico en pacientes con riesgo de DMT2 (21-23).

En cuanto al grupo RT, se pudo determinar que, al igual que el HIIT, tiene un efecto potente dentro del proceso de rehabilitación de la insulinorresistencia, igual a lo reportado en trabajos anteriores (14,24). De esta manera, el entrenamiento de resistencia muscular es efectivo para el control glicémico tanto por sí solo como combinado con otras metodologías de entrenamiento (25).

Respecto a la glicemia poscarga, solo en el grupo HIIT disminuyeron significativamente sus valores. Estos resultados pueden ser explicados por el potente efecto lipolítico que se produce debido al aumento significativo de catecolaminas en las metodologías HIIT (11), ya que algunos estudios previos han informado mejoras similares a través de la remodelación del músculo esquelético respecto a cambios en marcadores del estado de salud después de aplicar HIIT (26,27).

En relación a los resultados bioquímicos obtenidos, la evidencia demuestra que HIIT es una terapia que presenta beneficios y que debe considerarse cuando se prescriben intervenciones de ejercicio para las personas que viven con DMT2 (28). Asimismo, RT es una estrategia prometedora para promover la salud metabólica general en individuos con DMT2, a través de mejoras en el rendimiento mitocondrial muscular y aumentos en la masa muscular que pueden tener un impacto positivo en la capacidad de respuesta de la insulina y el control de la glucosa (25).

Por último, se reportaron cambios significativos en el porcentaje de grasa corporal en ambos grupos. Los cambios obtenidos en cuanto a porcentaje de grasa según la literatura pueden relacionarse principalmente con el aumento de la biogénesis mitocondrial y la síntesis proteica y enzimática, que han repor-

tado múltiples beneficios en la composición corporal en diversos estudios (29-31).

En conclusión, las metodologías HIIT y RT empleadas lograron disminuir significativamente las variables plasmáticas en un periodo de tres meses de intervención. Por lo tanto, ambas metodologías sirven para ser aplicadas al tratamiento de la insulinorresistencia, respetando los principios fisiológicos del entrenamiento y la condición física inicial de cada paciente. Además, se debe considerar también que se utilizaron materiales de fácil acceso, como las bicicletas estáticas y las mancuernas de peso intercambiable, lo cual convierte este tipo de entrenamientos en una alternativa a la hora de tratar este tipo de patologías. Sin embargo, es necesario presentar la autorización médica correspondiente para evitar cualquier tipo de riesgo durante el ejercicio físico.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente al profesor Cristián Álvarez, quien aportó continuamente sus conocimientos durante el desarrollo de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre la diabetes. Resumen de orientación. Ginebra: OMS; 2016.
- Shaw JE, Sicree RA, Zimmet PZ. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Res Clin Pract* 2010;87(1):4-14.
- Álvarez LC, Ramírez-Campillo R, Flores OM, Henríquez-Olguín C, Campos JC, Carrasco V, et al. Respuestas metabólicas inducidas por ejercicio físico de alta intensidad en mujeres sedentarias con glicemia basal alterada e hipercolesterolemia. *Rev Med Chil* 2013;141:1293-9.
- Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med* 2013;43(5):313-38.
- MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol* 2017;595(9):2915-30.
- Weston KS, Wisloff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014;48(16):1227-34.
- Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JF, 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(2):294-305.
- Dela F, Prats C, Helge JW. Exercise interventions to prevent and manage type 2 diabetes: physiological mechanisms. *Med Sport Sci* 2014;60:36-47.
- Izquierdo M, Ibáñez J, González-Badillo JJ, Hakkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, et al. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Appl Physiol* (1985) 2006;100(5):1647-56.
- Gillen JB, Martin BJ, MacInnis MJ, Skelly LE, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Twelve weeks of sprint interval training improves indices of cardiometabolic health similar to traditional endurance training despite a five-fold lower exercise volume and time commitment. *PLoS One* 2016;11(4):e0154075.
- Abderrahmane AB, Prioux J, Mrizek I, Chamari K, Tabka Z, Bouslama A, et al. Recovery (passive vs. active) during interval training and plasma catecholamine responses. *Int J Sports Med* 2013;34(8):742-7.
- Gallo-Villegas J, Aristizabal JC, Estrada M, Valbuena LH, Narvaez-Sánchez R, Osorio J, et al. Efficacy of high-intensity, low-volume interval training compared to continuous aerobic training on insulin resistance, skeletal muscle structure and function in adults with metabolic syndrome: study protocol for a randomized controlled clinical trial (Intraining-MET). *Trials* 2018;19(1):144.
- Delgado-Floody P, Caamano-Navarrete F, González Rivera J, Fleckenstein J, Banzer W, Martínez Salazar C. Improvements in Chilean patients with obesity following a 5-month multidisciplinary exercise program: a feasibility study. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58(3):309-17.
- Zapata-Lamana R, Cigarroa I, Díaz E, Saavedra C. Reducción del riesgo cardiovascular en mujeres adultas mediante ejercicio físico de sobrecarga. *Rev Med Chile* 2015;143:289-96.
- Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Appl Physiol Nutr Metab* 2014;39(3):409-12.
- Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol Lond* 2012;590(5):1077-84.
- Little JP, Gillen JB, Percival M, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol* 2011;111(6):1554-60.
- Hood M, Little JP, Tarnopolsky M, Myslik F, Gibala M. Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(10):1849-56.
- Mancilla R, Torres P, Álvarez C, Schifferli I, Sapunar J, Díaz E. Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Rev Med Chile* 2014;142:34-9.
- Alarcón Hormazábal M, Delgado Floody P, Castillo Mariqueo L, Thuiller Lepelegy N, Bórquez Becerra P, Sepúlveda Mancilla C, et al. Efectos de 8 semanas de entrenamiento intervalado de alta intensidad sobre los niveles de glicemia basal, perfil antropométrico y VO₂ máx de jóvenes sedentarios con sobrepeso u obesidad. *Nutr Hosp* 2016;33(2):284-8.
- Madsen SM, Thorup AC, Overgaard K, Jeppesen PB. High intensity interval training improves glycaemic control and pancreatic beta cell function of type 2 diabetes patients. *PLoS One* 2015;10(8):e0133286.
- Robinson MM, Dasari S, Konopka AR, Johnson ML, Manjunatha S, Esponda RR, et al. Enhanced protein translation underlies improved metabolic and physical adaptations to different exercise training modes in young and old humans. *Cell Metab* 2017;25(3):581-92.
- Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 2008;586(1):151-60.
- Delgado-Floody P, Caamaño-Navarrete F, Jerez-Mayorga D, Martínez-Salazar C, García-Pinillos F, Latorre-Román P. Adaptaciones al ejercicio físico en el perfil lipídico y la salud cardiovascular de obesos mórbidos. *Gac Med Mex* 2017;153(7):781-6.
- Pesta DH, Goncalves RL, Madiraju AK, Strasser B, Sparks LM. Resistance training to improve type 2 diabetes: working toward a prescription for the future. *Nutr Metab* 2017;14(1):24.
- Gibala MJ, Little JP, Van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006;575(3):901-11.
- Cocks M, Shaw CS, Shepherd SO, Fisher JP, Ranasinghe AM, Barker TA, et al. Sprint interval and endurance training are equally effective in increasing muscle microvascular density and eNOS content in sedentary males. *J Physiol* 2013;591(3):641-56.
- Wormgoor G, Dalleck C, Zinn C, Harris K. Effects of high-intensity interval training on people living with type 2 diabetes: a narrative review. *Can J Diabetes* 2017;41(5):536-47.
- Hood DA. Invited review: contractile activity-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985) 2001;90(3):1137-57.
- Larsen S, Nielsen J, Hansen CN, Nielsen LB, Wibrand F, Stride N, et al. Biomarkers of mitochondrial content in skeletal muscle of healthy young human subjects. *J Physiol* 2012;590(14):3349-60.
- Fernández-Marcos PJ, Auwerx J. Regulation of PGC-1 α , a nodal regulator of mitochondrial biogenesis. *Am J Clin Nutr* 2011;93(4):884S-90S.