



Revista de la Facultad de Medicina

ISSN: 2357-3848

revista_fmbog@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia

Colombia

Caamaño-Navarrete, Felipe; Cresp-Barría, Mauricio; Delgado-Floody, Pedro
Efectos terapéuticos del ejercicio con sobrecarga en el perfil lipídico de adultos
sedentarios

Revista de la Facultad de Medicina, vol. 63, núm. 4, 2015, pp. 617-623
Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576363526006>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

INVESTIGACIÓN ORIGINAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63.n4.49688>**Efectos terapéuticos del ejercicio con sobrecarga en el perfil lipídico de adultos sedentarios***Therapeutic effects of exercise with overload on lipid profile sedentary adults*Felipe Caamaño-Navarrete^{1,2} • Mauricio Cresp-Barría^{1,2,3} • Pedro Delgado-Floody^{4,5}

Recibido: 18/03/2015 Aceptado: 24/04/2015

¹ Universidad Católica de Temuco - Facultad de Educación - Pedagogía en Educación Física - Temuco - Chile.² Universidad Católica de Temuco - Escuela de Salud - Nutrición y Dietética - Laboratorio de Evaluación Nutricional - Temuco - Chile.³ Universidad Federal de Rio De Janeiro - Brasil - Escola de Educação Física e Desportos - Laboratorio de Biociencias del Movimiento Humano - Rio de Janeiro. Brasil.⁴ Universidad Santo Tomás - Sede Temuco - Escuelas de Nutrición y Dietética, Kinesiología, Psicología y Pedagogía en Educación Física - Programa de Tratamiento Integral de la Obesidad Mórbida - Temuco - Chile.⁵ Universidad Santo Tomás - Sede Temuco - Escuela de Educación - Pedagogía en Educación Física - Temuco - Chile.

Correspondencia: Mauricio Cresp-Barría. Universidad Católica de Temuco. Avenida Rudecindo Ortega 02950, edificio CT+, oficina 211. Teléfono: +56 452553770. Temuco. Chile. Correo electrónico: mcresp@uct.cl.

| Resumen |

Antecedentes. Actualmente, el sedentarismo en Chile, más que un tema de moda, es un grave problema para la salud que, además, se asocia con el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles.

Objetivo. Determinar los efectos de un programa de ejercicio físico de sobrecarga de dos meses de duración, hasta el fallo muscular, sobre el perfil lipídico de adultos sedentarios.

Materiales y métodos. Estudio de tipo experimental, con pre-prueba y pos-prueba, en una muestra de 16 sujetos que fueron divididos en dos grupos: adherente (GA, n=8, edad=34.88+6.89 años) y no adherente (GNA, n=8, edad=35.13+6.64años). La muestra es de tipo no probabilística, con sujetos elegidos de manera no aleatoria por conveniencia. Los participantes del GA fueron sometidos a ejercicio físico de sobrecarga hasta el fallo muscular dos veces por semana durante dos meses. Antes y 72 horas después de la última sesión de intervención, se evaluó, en ambos grupos (en ayuno ≥ 12 horas), colesterol total (Col-total), colesterol HDL (C-HDL), colesterol LDL (C-LDL) y triglicéridos (TG).

Resultados. Posterior a la intervención no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en Col-total, C-HDL, C-LDL y TG.

Conclusiones. Si bien se observa una tendencia a la baja en el perfil lipídico, una mayor duración y/o frecuencia de intervención podría ser necesaria para modificar significativamente las variables plasmáticas.

Palabras claves: Análisis químico de la sangre; Terapia por ejercicio; Musculo esquelético; Sobrepeso (DeCS).

Caamaño-Navarrete F, Cresp-Barría M, Delgado-Floody P. Efectos terapéuticos del ejercicio con sobrecarga en el perfil lipídico de adultos sedentarios. Rev. Fac. Med. 2015;63(4):617-23. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63.n4.49688>.

Summary

Background. Today, physical inactivity in Chile, rather than a fashion aspect is a serious health problem associated with the development of chronic non-transmissible diseases.

Objective. To determine the effects of a two-month overload exercise program up to muscular failure on the lipid profile of sedentary adults.

Materials and methods. An experimental study type with pre-test and post-test carried out on a sample of 16 subjects

divided into two groups. Group Adherent (GA, n = 8, age = 34.88 + 6.89 years) and Group non-adherent (GNA, n = 8, age = 35.13 + 6.64 years).

The sample is a non-probabilistic type, with subjects chosen for convenience in a non-random way. GA participants underwent physical resistance exercise up to muscular failure twice a week during two months. Total cholesterol (total-Col), HDL cholesterol (HDL-C), LDL cholesterol (LDL-C) and triglycerides (TG) were evaluated in both groups (fasting ≥12 hours) before and 72 hours after the last intervention session.

Results. After the intervention there were not significant differences ($p > 0.05$) in total-Col, HDL-C, LDL-C and TG.

Conclusions. While a downward trend in the lipid profile is noted, a longer duration and/or more frequent intervention may be needed to significantly alter the plasma variables.

Keywords: Blood Chemical Analysis; Exercise Therapy; Muscle Skeletal; Overweight (MeSH).

Caamaño-Navarrete F, Cresp-Barría M, Delgado-Floody P. [Therapeutic effects of exercise with overload on lipid profile sedentary adults]. Rev. Fac. Med. 2015;63(4):617-23. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63.n4.49688>.

Introducción

La Encuesta Nacional de Salud (ENS) realizada en Chile entre 2009-2010 reportó elevadas prevalencias de exceso de peso —64.5%—, de colesterol elevado —38.5%—, sedentarismo —88.6%— y síndrome metabólico —35%— (1). Los cambios en los entornos físicos, económicos, sociales y tecnológicos se han asociado con una reducción significativa en las demandas de actividad física de nuestra sociedad (2); este descenso aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas en la civilización moderna (3), donde la mayor parte de los problemas de salud pública se concentran en la población menos activa (4). Esto podría explicarse por el hecho que los seres humanos fueron diseñados para moverse a locomoción y participar en todo tipo de trabajo manual durante el día, siendo esto esencial para la supervivencia como especie (5).

Una de las características del ser humano moderno es una disfunción mitocondrial, paralela a una falta de estimulación de los fenómenos de biogénesis mitocondrial (6), que se ve reflejada por el compromiso en la capacidad de metabolización

de grasas y glucosa por parte del músculo y que deriva en el desarrollo de patologías crónicas modernas, metabólicas y cardiovasculares (7).

El ejercicio físico es una herramienta costo-efectiva de intervención primaria que retrasa, y en muchos casos impide, las cargas de salud asociadas con muchas enfermedades crónicas (8), realizando un papel preventivo en la enfermedad cardiovascular, la diabetes tipo 2, la obesidad y algunos tipos de cáncer (9).

Como alternativa a las prescripciones tradicionales de actividad física, se han planteado ejercicios de alta intensidad, intermitentes y de corta duración (HIIT) (10). Este tipo de ejercicios puede ser eficaz en reducir la grasa subcutánea y abdominal, causar un número de adaptaciones en el músculo esquelético (11), incrementar la capacidad oxidativa del músculo (12,13), aumentar la sensibilidad a la insulina (14) y mejorar rápidamente el control de la glucosa (15). La aplicación de modelos de ejercicio HIIT de bajo volumen ha aumentado la actividad de la citrato sintasa, citocromo oxidasa, y elevaciones en los contenidos de SIRT1, PGC-1 α nuclear y Tfam, que pueden estar involucradas en la coordinación de adaptaciones mitocondriales en respuesta a ejercicio HIIT en el músculo esquelético humano (16).

El ejercicio de alta intensidad aumenta la activación de AMPK, la proteína reguladora maestra del metabolismo de glucosa y lípidos (17) y el p38 MAPK, produciendo una fosforilación y activación de PGC-1 α , que, a su vez, es un regulador maestro de la biogénesis mitocondrial. La expresión coordinada de NRF-1 y NRF-2 activa la Tfam, que coordina la transcripción de ADN mitocondrial (18)

El ejercicio físico de sobrecarga, entendido como un programa de entrenamiento contra resistencia que provoca adaptaciones musculares en la resistencia local, en la fuerza máxima y la composición corporal, ha demostrado —en grupos de intervención sometidos a entrenamiento hasta el fallo muscular— que mejora el máximo número de repeticiones realizadas en *press banca* (19) y que es aceptado como un medio para mantener y desarrollar la fuerza y resistencia muscular, siendo el ejercicio de alta intensidad y corta duración eficiente en la reducción de lípidos sanguíneos, en comparación a programas tradicionales (14).

El objetivo del estudio es determinar los efectos de un programa de ejercicio físico de sobrecarga hasta el fallo muscular de dos meses de duración sobre el perfil lipídico de adultos sedentarios.

Materiales y métodos

Estudio de tipo experimental en donde 16 sujetos con bajo nivel de actividad física —menos de 150 min de actividad física por semana— (20), de la región de la Araucanía en Temuco, Chile, fueron voluntarios para participar del programa de ejercicio físico. La muestra es de tipo noprobabilística, con sujetos elegidos de manera noaleatoria por conveniencia. El estudio contó con la aprobación del comité de ética de la Universidad Católica de Temuco y todo paciente firmó un consentimiento informado antes del estudio, además presentaron diagnóstico médico habilitador.

Los participantes se dividieron intencionadamente en dos grupos: grupo adherente (GA, n=8, edad=34,88+6,89 años), integrado por los pacientes que asistieron a más del 70% del total de 16 sesiones planificadas de ejercicio físico de sobrecarga (≥ 11 sesiones), y grupo no adherente (GNA, n=8, edad=35,13+6.64 años), conformado por los pacientes que no realizaron el programa de ejercicios, pero que presentaron los exámenes de perfil lipídico antes y después de la intervención.

Criterios de inclusión

Ser inactivos físicamente (≤ 150 min de actividad física a la semana) y tener participación mayor a 70% de adherencia al programa.

Criterios de exclusión

Tener limitaciones físicas para realización de ejercicios, presencia de patologías respiratorias crónicas y no cumplir con los requisitos de evaluaciones del perfil lipídico.

Criterios éticos

Este estudio se realizó considerando la Declaración de Helsinki para la investigación biomédica con seres humanos. Los individuos entregaron su consentimiento por escrito, estipulando la confidencialidad de identidad de los participes del estudio; del mismo modo, se estableció el compromiso del investigador de no hacer públicos los datos sin previa publicación oficial.

Plan de intervención

El programa de ejercicio físico se aplicó dos veces por semana —1 hora por sesión— durante dos meses —16 sesiones— mediante ejercicios con sobrecarga —que involucraban los grupos musculares flexores y extensores

del antebrazo, flexores de tronco, pectorales, elevadores del hombro, extensores de rodilla y plantiflexores—. En cada ejercicio se ejecutaban 3 series durante 60 s, con una intensidad que inducía fallo muscular al final de este periodo y con 2 min de pausa entre series (6,21). Cada sesión incluyó 10 min de calentamiento cardiovascular y 5 min de enfriamiento y estiramiento post-sesión.

Análisis Estadístico

En el primer análisis se procedió a normalizar las variables del estudio a través de la prueba Shapiro Wilks. Para la comparación de las variables paramétricas cuantitativas entre los dos grupos se utilizó el test T de Student y en el caso de comparación de variables no paramétricas se utilizó la prueba de Wilcoxon. Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS versión 18.0. El nivel de confianza fue del 95%, ($p<0.05$).

Procedimientos

Los parámetros bioquímicos se determinaron mediante muestras sanguíneas, para lo que se utilizaron tubos sin anticoagulante. Las muestras fueron centrifugadas a 2500 r.p.m. por 10 min para obtener el suero a ser usado en las determinaciones bioquímicas. Las concentraciones séricas de glicemia, colesterol, HDL, LDL y triglicéridos fueron determinadas por métodos colorimétrico estándares, las cuales fueron medidas en el autoanalizador HumaStar80. La concentración de LDL se obtuvo mediante la fórmula de Friedwald cuando la concentración de triglicéridos fue inferior a 400mg/dl. Para todas las muestras, los pacientes estaban con un ayuno >12 h. Las mediciones finales se realizaron 72 h después de la última sesión de ejercicio físico de sobrecarga.

Resultados

La muestra quedó conformada por el grupo adherente (GA, n=8, edad=34.88+6.89 años) y el grupo no adherente (GNA, n=8, edad=35.13+6.64 años); en esta, no se evidenciaron disminuciones significativas en las variables Col-total, C-LDL, C-HDL y TG, Tabla 1. Para la comparación de las variables paramétricas entre dos grupos se utilizó test T de Student y en el caso de variables no paramétricas se utilizó la prueba de Wilcoxon.

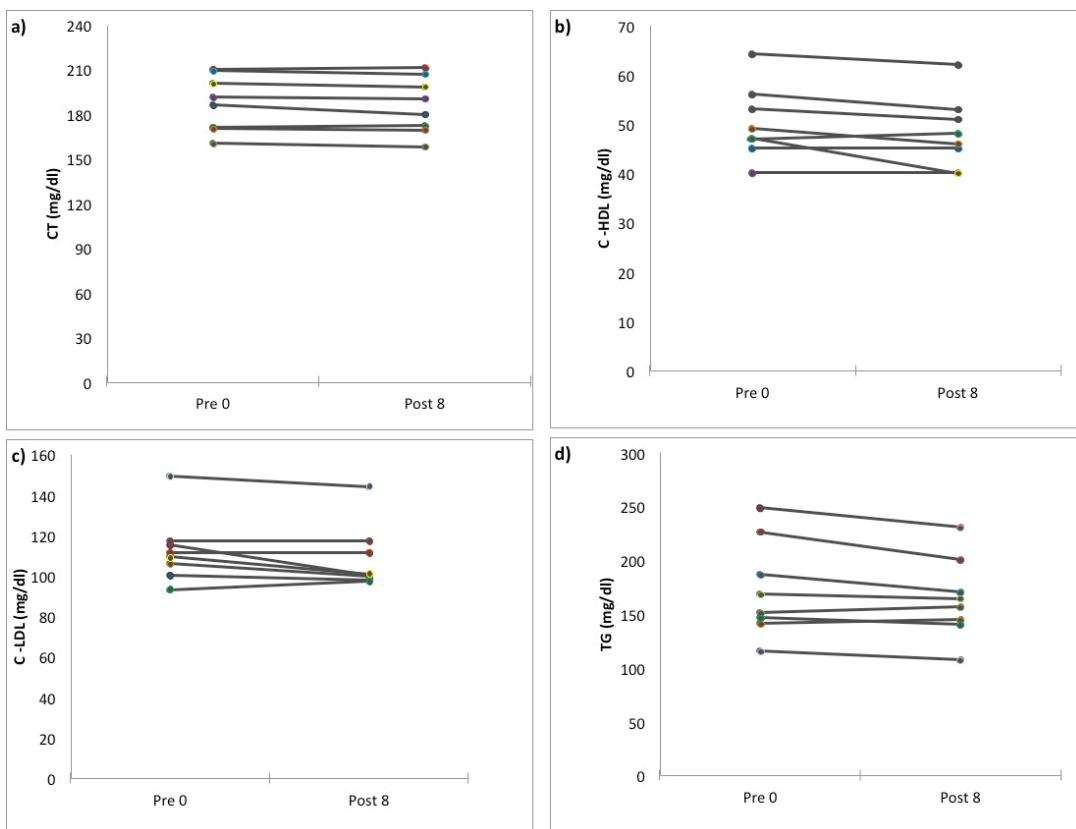
Las variaciones por paciente del GA, tras la aplicación del programa de ejercicio de sobrecarga, se aprecian en la Figura 1.

Tabla 1. Cambios metabólicos GA (n=8) y GNA (n=8) luego de 8 semanas de intervención.

Variables	Test	Grupo adherente	Grupo no adherente
Pacientes		n=8	n=8
Edad	Pre0	34.88+6.89	35.13+6.64
Género (F/M)		1/7	1/7
Col-total (mg/dl)	Pre0 Post8 p= Variación %	187.13+18.79 185.63+19.01 0.096 -0.97	184.88+18.42 188.50+18.69 0.185 1.95
C-LDL (mg/dl)	Pre0 Post8 p= Variación %	112.50+16.69 108.50+15.95 0.096 -3.55	107.88+24.61 108.13+21.90 0.931 0.23
C-HDL (mg/dl)	Pre0 Post8 p= Variación %	50.13+7.41 48.13+7.27 0.059 -3.98	49.75+8.81 50.13+6.79 0.879 0.76
TG (mg/dl)	Pre0 Post8 p= Variación %	172.63+45.08 164.38+37.78 0.071 -4.78	173.50+44.91 177.25+45.62 0.213 2.16

Datos presentados como media ± desviación estándar. CT: colesterol total, C-LDL: colesterol LDL, C-HDL: colesterol HDL, Pre: antes de intervención, Post: después de 8 semanas de intervención, P: valores referidos a cambios entre períodos Pre-Post, Variación %: porcentaje de variación entre Pre-Post.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1.** Cambios individuales grupo adherente (GA).

Variaciones por paciente del GA luego de 8 semanas de ejercicio físico de sobrecarga en a) Col-total, b) C-HDL, c) C-LDL y d) TG.. Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Los cambios en el perfil lipídico del grupo adherente—con una tendencia a la baja en Col-total, C-HDL, C-LDL y TG—no lograron ser estadísticamente significativos, siendo los resultados de la presente investigación similares a los obtenidos en otros estudios (22,23), el entrenamiento de sobrecarga hasta el fallo muscular, en obesos y obesos mórbidos candidatos a cirugía bariátrica, reportó disminuciones significativas en el peso, masa grasa, IMC, condición física y modificaciones no significativas en variables plasmáticas (24). Las dislipidemias o hiperlipidemias son un factor importante en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (25), mientras que el ejercicio físico mejora los factores de riesgo metabólicos (26).

Tres meses de entrenamiento dinámico de fuerza, sobre 12 sujetos obesos, no reportaron modificaciones significativas en insulina en plasma, concentraciones de glucosa y lípidos plasmáticos (27). 12 semanas de entrenamiento de fuerza en hombres sedentarios—dos veces por semana a un 60% de una repetición máxima (RM) durante las dos primeras semanas y con un aumento posterior en la intensidad (70 y 85% de la RM)—no describieron mejoras significativas en el perfil lipídico (28).

Los resultados del presente estudio difieren al ser comparados con investigaciones que sí modificaron significativamente variables del perfil lipídico: en un estudio con pacientes distribuidos aleatoriamente—dentro de un grupo intervenido a través de ejercicio aeróbico más resistencia—aumentó significativamente el C-HDL tras 12 meses de intervención (29), mientras que un programa de ejercicios de 4 meses de duración de sobrecarga disminuyó significativamente los valores de colesterol, C-LDL y TG con un aumento de C-HDL (30).

En sujetos con sobrepeso y obesidad, el entrenamiento con pesas durante 8 semanas, 4 sesiones/semana a intensidades entre 50 y 80% de una RM, mejoró la sensibilidad a la insulina y el perfil lipídico sin alterar la composición corporal (31); 10 semanas de intervención en jóvenes asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento de fuerza mejoró significativamente la masa muscular total y disminuyó el Col-total, el C-HDL y el C-LDL (32).

Un protocolo de ejercicio de alta intensidad, aplicado en mujeres chilenas sedentarias, reportó disminuciones significativas de colesterol en los grupos con hipercolesterolemia a las 12 semanas de intervención (24h y 48h). Similarmente, se observó una disminución del C-LDL y TG en todos los grupos de estudio, pero esta solo fue significativa en aquellos con hipercolesterolemia—glicemia

basal alterada e hipercolesterolemia y normoglicémia e hipercolesterolemia—(33).

Programas de entrenamiento de fuerza han descrito disminuciones en factores de riesgo cineantropométricos en mujeres pre-menopáusicas con sobrepeso u obesidad (34), aumentos de la masa muscular (35) y disminuciones del porcentaje de masa grasa en jóvenes universitarios (36); otro protocolo de entrenamiento concurrente disminuyó el Col-total, además de aumentar los niveles de C-HDL en 15 semanas de duración (37). Al comparar protocolos de ejercicio, 8 semanas de entrenamiento en jóvenes desentrenados describieron mejoras en el grupo que realizaba ejercicio aeróbico y concurrente—endurance+sobrecarga—en C-LDL y C-HDL; el Col-total y TG disminuyeron en los tres grupos—endurance, concurrente y sobrecarga—(38).

En un programa de intervención similar al presente estudio, pero con una duración de tres meses, Zapata *et al.* (39) utilizaron un protocolo de ejercicio de sobrecarga en segmentos musculares aislados durante un minuto, seguido de dos minutos de descanso y repetido en tres ocasiones en mujeres sedentarias, el grupo experimental disminuyó significativamente los niveles de Col-total, TG, C-LDL con un aumento del C-HDL, por lo que se especularía que a mayor duración del programa mejor incidencia en los valores del perfil lipídico.

Está bien establecido que la dislipidemia aterogénica, caracterizada por altos niveles de TG, Col-total, C-LDL y bajos niveles de C-HDL, constituye importantes factores de riesgo para la enfermedad cardiovascular (40), el incremento de la actividad física está asociado con una reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular y se debe establecer la intensidad óptima del ejercicio para esta disminución (41).

Se hace fundamental que, además de la administración asegurada de fármacos en la población chilena, se garantice el acceso a los beneficios del ejercicio terapéutico (10), donde se han demostrado efectos positivos del ejercicio, aplicados en centros de atención primaria de salud, como herramienta “preventiva y terapéutica” en pacientes sanos y patológicos, concluyendo que las adaptaciones más benéficas de estos programas atañen a pacientes con insulino-resistencia (IR) y dislipidemias (42).

Conclusiones

El programa de ejercicio físico terapéutico de sobrecarga hasta el fallo muscular generó una tendencia a la baja en el Col-total (-0,97), C-LDL (-3,55), C-HDL (-3,98) y TG (-4,78); teniendo esto en cuenta, una mayor duración o

frecuencia de intervención podría ser necesaria para modificar significativamente las variables plasmáticas. Este tipo de programas pueden ser fortalecidos con prescripción nutricional a los pacientes para modificaciones de mayor significancia en el perfil lipídico de los participantes del estudio.

Podemos apreciar beneficios positivos en la intervención realizada; se hace necesario seguir investigando en esta línea y considerar distintos protocolos de ejercicio, y en una mayor cantidad de pacientes, para darle más fortaleza a las investigaciones de este tipo.

Conflictos de intereses

Ninguno declarado por los autores.

Financiación

Ninguna declarada por los autores.

Agradecimientos

A la dirección y cuerpo académico de la carrera de Nutrición y Dietética, Escuela de Salud de la Universidad Católica de Temuco.

Referencias

1. Ministerio de Salud Chile. Encuesta Nacional de Salud ENS Chile 2009-2010. Santiago de Chile: MINSAL; 2010.
2. Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 2010;38(3):105-13. <http://doi.org/dzm26z>.
3. Booth FW, Laye MJ, Lees SJ, Rector RS, Thyfault JP. Reduced physical activity and risk of chronic disease: the biology behind the consequences. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2008;102(4):381-0. <http://doi.org/fbzph8>.
4. Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. Exercise physiology versus inactivity physiology: an essential concept for understanding lipoprotein lipase regulation. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 2004;32(4):161-6.
5. Owen N, Sparling PB, Healy GN, Dunstan DW, Matthews CE. Sedentary behavior: emerging evidence for a new health risk. *Mayo Clin. Proc.* 2010;85(12):1138-41. <http://doi.org/cf9c2f>.
6. Saavedra C. Guía de actividad física para el adulto mayor. Santiago de Chile: Instituto Nacional del Deporte; 2006.
7. Egan B, Zierath JR. Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation. *Cell. Metab.* 2013;17(2):162-84. <http://doi.org/f25jzv>.
8. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J. Physiol.* 2012;590(5):1077-84. <http://doi.org/fx5rrc>.
9. Hamilton MT, Healy GN, Dunstan DW, Zderic TW, Owen N. Too Little Exercise and Too much Sitting: Inactivity Physiology and the Need for New Recommendations on Sedentary Behavior. *Curr. Cardiovasc. Risk. Rep.* 2008;2(4):292-8. <http://doi.org/dbfft2>.
10. Mancilla R, Torres P, Álvarez C, Schifferli I, Sapunar J, Díaz E. Ejercicio físico intercalado de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Rev. Med. Chil.* 2014;142(1):34-9. <http://doi.org/7zx>.
11. Boucher SH. High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss. *J. Obes.* 2011;1-10. <http://doi.org/fc4vgq>.
12. Gibala M, McGee S. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 2008;36(2):58-63. <http://doi.org/cmc45q>.
13. Perry CG, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2008;33(6):1112-23. <http://doi.org/fk47pp>.
14. Babraj JA, Vollaard NB, Keast C, Guppy FM, Cottrell G, Timmons JA. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. *BMC Endocr. Disord.* 2009;9(1):3. <http://doi.org/bjvnqm>.
15. Little JP, Gillen JB, Percival ME, 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. <http://doi.org/cmw8j8>.
16. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J. Physiol.* 2010;588(6):1011-22. <http://doi.org/dqgv45>.
17. Wojtaszewski JF, Birk JB, Frøsig C, Holten M, Pilegaard H, Dela F. 5'AMP activated protein kinase expression in human skeletal muscle: effects of strength training and type 2 diabetes. *J. Physiol.* 2005;564(2):563-73. <http://doi.org/ct9sdf>.
18. Player DJ, Lewis MP. Mechanisms activating PGC-1α and consequential transcriptional mechanisms following exercise: A mini review. *Cell. Mol. Exerc. Physiol.* 2012;1(1): e2. <http://doi.org/8jn>.
19. Izquierdo M, Ibáñez J, González-Badillo JJ, Häkkinen 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.* 2006;100(5):1647-56. <http://doi.org/d8gthx>.
20. Celis-Morales CA, Pérez-Bravo F, Ibáñez L, Salas C, Bailey ME, Gill JM. Objective vs self-reported physical activity and sedentary time: effects of measurement method on relationships with risk biomarkers. *PloS one.* 2012;7(5):e36345. <http://doi.org/7z4>.
21. Álvarez C, Ramírez R, Flores M, Zúñiga C, Celis-Morales CA. Efectos del ejercicio físico de alta intensidad y sobrecarga en parámetros de salud metabólica en mujeres sedentarias, pre-diabéticas con sobrepeso u obesidad. *Rev. Med. Chil.* 2012;140(1):1289-96. <http://doi.org/7z5>.

- 22.** Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, 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(12):2335–41. <http://doi.org/cnxqfq>.
- 23.** Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J, et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2002;25(10):1729–36. <http://doi.org/dcdg76>.
- 24.** Delgado-Floddy P, Caamaño-Navarrete F, Jerez-Mayorga D, Campos-Jara C, Ramírez-Campillo R, Osorio-Poblete A, et al. Efectos de un programa de tratamiento multidisciplinario en obesos mórbidos y obesos con comorbilidades candidatos a cirugía bariátrica. *Nutr. Hosp.* 2015;31(5):2010-2016. <http://doi.org/7z6>.
- 25.** Niu C, Chen C, Chen L, Cheng K, Yeh C, Cheng J. Decrease of Blood Lipids Induced by Shan-Zha (Fruit of Crataegus pinnatifida) is Mainly Related to an Increase of PPAR α in Liver of Mice Fed High-Fat Diet. *Horm. Metab. Res.* 2011;43(9):625-30. <http://doi.org/bn2cxf>.
- 26.** Sillanpää E, Laaksonen DE, Häkkinen A, Karavirta L, Jensen B, Kraemer WJ, et al. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2009;106(2):285-96. <http://doi.org/ecd mhk>.
- 27.** Klimcakova E, Polak J, Moro C, Hejnova J, Majercik M, Viguerie N, Berlan M, et al. Dynamic strength training improves insulin sensitivity without altering plasma levels and gene expression of adipokines in subcutaneous adipose tissue in obese men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2006;91(12):5107-12. <http://doi.org/dcxqf7>.
- 28.** Mohammadi HR, Ghodbin S, Khoshnam MS, Khoshnam E, Keyali A. The effect of 12 weeks of progressive strength training on lipid profile levels in inactive middle-aged men. *Euro. J. Exp. Bio.* 2014;4(1):129-132.
- 29.** Balducci S, Zanuso S, Nicolucci A, Fernando F, Cavallo S, Cardelli, P, et al. Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2010;20(8):608-17. <http://doi.org/czbgfj>.
- 30.** Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2005;86(8):1527–33. <http://doi.org/dj7sqq>.
- 31.** Jiménez H, Ramírez-Vélez R. Strength training improves insulin sensitivity and plasma lipid levels without altering body composition in overweight and obese subjects. *Endocrinol. Nutr.* 2011;58(4):169-74. <http://doi.org/f2jstz>.
- 32.** Pérez-Gómez J, Vicente-Rodríguez G, Ara Royo I, Martínez-Redondo D, Puzo Foncillas J, Moreno LA, et al. Effect of endurance and resistance training on regional fat mass and lipid profile. *Nutr. Hosp.* 2013;28(2):340-6. <http://doi.org/7z8>.
- 33.** Álvarez C, Ramírez-Campillo R, Flores M, Henríquez-Olguín C, Campos C, 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(10):1293-9. <http://doi.org/7z9>.
- 34.** Álvarez C, Ramírez-Campillo R. Effects of a low intensity strength training program on overweight/obese and premenopausal/menopausal women. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho hum.* 2013;15(4):427-36. <http://doi.org/72b>.
- 35.** Seo DI, So WY, Ha S, Yoo EJ, Kim D, Singh H, et al. Effects of 12 Weeks of Combined Exercise Training on Vis-fatin and Metabolic Syndrome Factors in Obese Middle-Aged Women. *J. Sports Sci. Med.* 2011;10(1):222-26.
- 36.** Delgado P, Cresp M, Caamaño F, Machuca C, Carter-Thuillie B, Osorio A. Effects of strength exercise program in anthropometric variables on pre-diabetic people with ethnic ancestry. *Gac. Med. Bol.* 2014;37(2):78-82.
- 37.** Nuri R, Mahmudieh B, Akochakian M, Moghaddasi M. Effect of 15 weeks Combination exercise training on lipid profile and fatty liver indices in Postmenopausal women with breast cancer. *Brazilian Journal of Biomotricity.* 2012;6(4):297-303.
- 38.** Ghahramanloo E, Midgley AW, Bentley DJ. The Effect of Concurrent Training on Blood Lipid Profile and Anthropometrical Characteristics of Previously Untrained Men. *J. Phys. Act. Health.* 2009;6(6):760-6.
- 39.** Zapata-Lamana R, Cigarrón I, Díaz E, Saavedra C. Resistance exercise improves serum lipids in adult women. *Rev. Med. Chil.* 2015;143(3):289-96. <http://doi.org/72c>.
- 40.** Frajacomo FT, Demarzo MM, Fernandes CR, Martinello F, Bachur JA, Uyemura SA, et al. The effects of high-intensity resistance exercise on the blood lipid profile and liver function in hypercholesterolemic hamsters. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2012;37(3):448-54. <http://doi.org/72d>.
- 41.** Hübner-Woźniak E, Morgulec-Adamiec N, Malara M, Okęcka-Szymańska J. Effect of training on the serum lipid profile in able-bodied and spinal cord injured rugby players. *Biol. Sport.* 2010;27(4):269-72. <http://doi.org/72f>.
- 42.** Álvarez C, Ramírez-Campillo R, Henríquez-Olguín C, Castro-Sepúlveda M, Carrasco V, Martínez C. ¿Pueden ocho semanas de ejercicio físico combinado normalizar marcadores metabólicos de sujetos hiperglicémicos y dislipidémicos? *Rev. Med. Chil.* 2014;142(4):458-66. <http://doi.org/72g>.