



Trabajo Original

Epidemiología y dietética

El consumo de hidratos de carbono y lípidos incluidos en una matriz alimentaria previo a una sesión de entrenamiento modifica la masa grasa en adultos sanos físicamente activos: un ensayo clínico controlado y aleatorizado

Carbohydrate and lipid consumption before a training session changed the fat mass in health-physically active adults: a controlled and randomized clinical trial

María José Arias Téllez¹, Gabriela Noemí Carrasco Navarro¹ and Julio Plaza-Díaz²

¹Departamento de Nutrición. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile. ²Departamento de Bioquímica y Medicina Molecular II. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. Granada. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos "José Mataix Verdú". Centro de Investigación Biomédica. Armilla, Granada

Resumen

Introducción: el efecto del ejercicio sobre la oxidación de los ácidos grasos depende de la intensidad y la duración. La ingesta de hidratos de carbono (HC) previo a una rutina de entrenamiento disminuye la tasa de oxidación de los ácidos grasos (FATmax). En contraste, el efecto del consumo de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) es poco concluyente.

Objetivos: comparar el efecto de dos colaciones isocalóricas consumidas una hora antes de una sesión de ejercicio físico estandarizado durante nueve semanas sobre FATmax y la disminución de la masa grasa en adultos sanos físicamente activos.

Metodología: ensayo clínico aleatorizado controlado. Un total de 19 sujetos entre 20 y 39 años fueron distribuidos al azar en tres grupos: grupo HC, con una colación alta en HC complejos; grupo lípidos, con una colación alta en AGMI; y grupo control, con ayuno mínimo de tres horas previo a la sesión de ejercicio. Se realizaron mediciones de FATmax, análisis de composición corporal y entrenamiento de resistencia aeróbica, con modalidades continuas e interválicas.

Resultados: el grupo control mostró una tendencia a la disminución de masa grasa después de nueve semanas de entrenamiento. El FATmax fue mayor en los grupos HC y control en condiciones de pre y postintervención. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas para FATmax entre los grupos.

Conclusiones: el FATmax y la disminución de masa grasa podrían no estar influenciados por el tipo de alimentos previamente consumidos antes del ejercicio.

Palabras clave:

Masa grasa. Ejercicio físico. Dieta. Matriz alimentaria. Nutrición.

Abstract

Introduction: The effect of exercise on fat-acid oxidation depends on its intensity and duration. Pre-training ingest of carbohydrates (CH) decreases the rate of fat oxidation. In contrast, the effect of pre-consumption of monounsaturated fatty acids (MUFA) is less known.

Objective: the aim of this study was to compare the effect of pre-consumption of two isocaloric snacks in a standardized exercise session during a period of nine weeks and to quantify their impact in the fat oxidation and decrease of fat mass in healthy and physically active adults.

Methods: randomized, placebo-control clinical trial study. A total of 19 subjects between 20 and 39 years old were randomly distributed in three groups: CH group, with snack of high content of complex CH; FAT group, with snack of high content of MUFA; and control group, with a minimum fast for three hours before the training session. The measurements were rate of fat oxidation, body composition, and endurance training with continuing and intervallal modalities.

Results: the control group showed a tendency to fat mass decrease at the end of the intervention. The fat oxidation of group had a higher tendency than the CH and control group, before and after the intervention. Nevertheless, statistical differences of fat oxidation were not found between the groups.

Conclusions: the fat oxidation and the decrease of fat mass may not be influenced by the type of food previously consumed before exercise.

Key words:

Fat mass. Physical fitness. Diet. Food matrix. Nutrition.

Recibido: 14/01/2018 • Aceptado: 03/04/2018

Arias Téllez MJ, Carrasco Navarro GN, Plaza-Díaz J. El consumo de hidratos de carbono y lípidos incluidos en una matriz alimentaria previo a una sesión de entrenamiento modifica la masa grasa en adultos sanos físicamente activos: un ensayo clínico controlado y aleatorizado. *Nutr Hosp* 2018;35(4):936-941

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.1774>

Correspondencia:

María José Arias Téllez. Departamento de Nutrición. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. Av. Independencia 1027. Independencia, Santiago de Chile
e-mail: mariajosearias@uchile.cl

INTRODUCCIÓN

Durante el ejercicio, el músculo esquelético satisface sus demandas energéticas utilizando sustratos que proceden de las reservas del organismo (1). El predominio de la utilización de ciertos macronutrientes durante el ejercicio puede depender en gran medida de la intensidad y la duración del mismo (2-4). A bajas intensidades (< 65% del VO_2 máx) predomina la utilización de lípidos debido a mayor reclutamiento de fibras tipo 1 con mayor masa mitocondrial y actividad oxidativa (5,6). Por el contrario, mayor intensidad (> 85% del VO_2 máx) aumenta el reclutamiento de fibras tipo 2, con mayor actividad glucolítica y de utilización de hidratos de carbono (HC) (3,7). La duración del ejercicio se asocia con el agotamiento de reservas energéticas del organismo, por lo que, a mayor duración, la utilización de los ácidos grasos aumenta, a consecuencia de la condición limitada de las reservas de glucógeno (2,7).

El consumo de HC es clave en la mejora del rendimiento deportivo y disminución de la fatiga en ejercicios con una duración continua y/o de alta intensidad (8,9). La ingesta de HC, antes (10), durante (11) y después (12,13) del ejercicio tiene beneficios. El consumo de alimentos de bajo índice glucémico antes del ejercicio permitiría una absorción lenta de la glucosa en sangre, lo que podría mejorar la salud de los atletas a largo plazo (14). La oxidación de grasas sería menor durante el ejercicio, después del consumo de una comida rica en HC (15), debido al aumento de la secreción de insulina e inhibición de la lipólisis y la β -oxidación de manera significativa. Algunos autores han concluido que el consumo de HC antes del ejercicio aumentaría significativamente la tasa de intercambio respiratorio en comparación a condiciones de ayuno (5).

Estudios sobre el papel que juega el consumo de suplementos de ácidos grasos previo al ejercicio sobre la β -oxidación han sido poco concluyentes. La administración oral de triglicéridos de cadena larga previa a una hora de ejercicio físico no generaría un efecto positivo sobre la oxidación de grasas (16) y el consumo de triglicéridos de cadena media podría estar asociado a la reducción de peso (17), aunque en la práctica serían poco utilizados debido a sus posibles molestias gastrointestinales (18). Por otro lado, en relación a los ácidos grasos poliinsaturados, el ácido linoleico conjugado tendría efectos favorables en la reducción de peso y masa grasa en sujetos con sobrepeso y obesidad tras 12 semanas de suplementación (19) y la suplementación con aceite de pescado podría facilitar la oxidación de ácidos grasos a nivel mitocondrial (20). Existen pocos estudios que analicen el efecto de los ácidos grasos monoinsaturados, con resultados poco concluyentes (21,22).

Una estrategia alimentaria que incremente la oxidación de los ácidos grasos durante el ejercicio, orientada a mejorar la composición corporal, no siempre sería compatible con un buen rendimiento deportivo (23). Las recomendaciones actuales no son las más apropiadas para quienes tienen por objetivo la reducción de la masa grasa. Debido a que la gran mayoría de los hallazgos hasta la fecha han sido con base al uso de suplementos nutricionales y/o ayudas ergogénicas con un costo elevado, resultaría intere-

sante conocer el efecto que tendrían el consumo de HC complejos y ácidos grasos monoinsaturados incorporados en una matriz alimentaria (ambos de fácil acceso para la población). El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de dos colaciones isocalóricas con distinto contenido de ambos macronutrientes en la oxidación de las grasas y su efecto sobre la disminución de masa grasa en sujetos sanos físicamente activos.

METODOLOGÍA

POBLACIÓN DE ESTUDIO

Ensayo clínico controlado y aleatorizado ajustado a normas CONSORT (24), que incluyó a 19 sujetos entre 20 y 39 años, con índice de masa corporal (IMC) de 18,5 a 24,9 kg/m^2 y nivel de actividad física moderada, según cuestionario IPAQ 2002 (24), sin antecedentes mórbidos. El cálculo del tamaño muestral se realizó mediante la comparación de medias, utilizando valores de promedio y desviación estándar del estudio de Longland (12), resultando un n de 32 participantes tras considerar la variable "*kg de masa grasa*". Debido a la limitación de recursos y el tiempo destinado para la realización del estudio, se realizó un estudio piloto, el cual utilizó la mitad del tamaño muestral considerando una pérdida del 20% (n = 19 participantes). Los participantes se distribuyeron en tres grupos al azar (grupo HC, n = 6; grupo lípidos, n = 6; y grupo control, n = 7). Se excluyeron aquellos sujetos que consumieron algún suplemento y/o ayudas ergogénicas de ácidos grasos, estimulantes del sistema nervioso simpático y favorecedores de la lipólisis, tales como: cafeína, guaraná y quemadores de grasa, antes de 18 semanas desde el inicio del estudio.

Se confirmó la participación de cada voluntario en el estudio por la firma de un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile (139).

PRUEBAS DE ESFUERZO

1. Máxima: la medición del intercambio gaseoso de Consumo de Oxígeno Máximo (VO_2max) y Volumen de dióxido de carbono (VCO_2) permitió estimar la aptitud aeróbica y predecir la capacidad máxima (13). Se realizó pre y postintervención, utilizando la escala de Borg modificada para la medición del esfuerzo percibido (14,15).
2. Submáxima: ejercicio incremental submáximo medido cada tres minutos, con aumento de la velocidad en 2 km/h hasta conseguir un valor de cociente respiratorio igual a 1, permitió calcular la tasa de oxidación de grasas mediante ecuaciones estequiométricas y la velocidad del ejercicio en que la tasa de oxidación de grasas fue máxima (FATmáx) (16). Para ello, se solicitó a los participantes que tres horas previas suspendieran el tabaco y la ingesta de alimentos y bebidas azucaradas o estimulantes. Esta prueba se realizó antes y después de la intervención.

INGESTA ALIMENTARIA

Se aplicó una encuesta de tendencia de consumo modificada previa a la intervención, con el objetivo de realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de la dieta y descartar el consumo de suplementos y/o ayudas ergonutricionales. Posteriormente, a cada participante se le hizo entrega de un registro alimentario de tres días para las semanas tercera y novena de intervención. Se analizaron las encuestas y el registro alimentario con el programa computacional Food Processor 2 (Food Processor II®, ESHA Research, Salem, OR, USA), para evaluar y cuantificar la ingesta calórica y de macronutrientes.

MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS

Se realizó la medición del peso (balanza Seca® 813) y talla (tallímetro Seca® 213), de acuerdo a los protocolos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y evaluación de composición corporal mediante absorciometría con rayos X de doble energía (DXA, Lunar Prodigy Advance®, General Electric Medical Systems, Madison, WI Software v.15 SP2) (17). Las mediciones se realizaron en duplicado, al inicio y al final de la intervención, utilizando el promedio para el análisis.

PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN

Nutricional

Se entregaron dos colaciones isocalóricas (230 kcal), una de ellas alta en HC de bajo índice glucémico y otra alta en ácidos grasos monoinsaturados, las cuales fueron retiradas semanalmente por los participantes en el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Se controló su cumplimiento a través de un registro de asistencia. Ninguno de los participantes consumió alimentos posterior a la primera hora de finalizada la sesión de entrenamiento.

1. *Grupo HC*: colación alta en HC de bajo índice glucémico. Muesli tradicional (51 g) + yogurt descremado sin azúcar (115 g) = 229 kcal y 42,8 g HC.
2. *Grupo LIP*: colación alta en ácidos grasos monoinsaturados. Frutos secos 1 = 40 g de cacahuete (230 kcal y 20 g grasas); frutos secos 2 = 33 g de nueces (230 kcal y 20 g grasas).
3. *Grupo control*: no recibió ningún alimento durante las tres horas previas al ejercicio físico.

Ejercicio físico

Se envió a cada participante, vía correo electrónico, un vídeo de las distintas rutinas de ejercicios, calentamiento y enfriamiento, para que pudieran dar cumplimiento a las indicaciones solicitadas. La rutina de entrenamiento fue un ejercicio estandarizado en tres días a la semana con una separación de 24 horas entre ellas.

1. *Continuo*: se inició con 40 minutos de ejercicio subumbral. Después de dos semanas se ajustó la rutina a 50 minutos de ejercicio.
2. *Continuo con cambio de intensidades*: se inició con 40 minutos de ejercicio, de estructura 2 x 1 (dos minutos de ejercicio subumbral y un minuto de ejercicio supraumbral). Después de dos semanas se ajustó a 1 x 1.
3. *Intervalo*: se trabajó en esquema de 1 x 2 (un minuto de ejercicio supraumbral con dos minutos de pausa y siete repeticiones). Después de dos semanas se ajustó a 1 x 1 x 7.

Al iniciar cada sesión de ejercicio, se emplearon diez minutos para realizar trote de baja intensidad y ejercicios de flexibilidad. Se realizó también un seguimiento de cada participante vía telefónica para evaluar cumplimiento del consumo de la colación, asistencia a las sesiones de entrenamiento y duración de la rutina.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de las diferentes variables de la muestra. Los datos fueron expresados en medias y desviaciones estándar. Para evaluar diferencias de los grupos pre y postintervención se utilizó la prueba t de Student. Para determinar la significancia del cambio entre los distintos grupos se utilizó ANOVA. El análisis estadístico fue ejecutado con el software SPSS 22.0 (IBM, Chicago, IL, USA) considerando un valor significativo de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Un total de 19 sujetos sanos (42,1% de sexo masculino) participaron de manera voluntaria en el presente estudio. No se observaron diferencias significativas de composición corporal ni de ingesta alimentaria entre grupos antes de realizar la intervención. El 56% de los participantes (grupo HC, $n = 4$; grupo LIP, $n = 2$; grupo control, $n = 2$) completó las nueve semanas de intervención, con una adherencia a las sesiones de entrenamiento del 100% para el grupo HC, 95% para el grupo LIP y 96% para el grupo control, y un correcto retiro y consumo de las colaciones entregadas. En la tabla I se muestran las características descriptivas de la muestra.

MASA GRASA PRE Y POSTINTERVENCIÓN

Los valores de masa grasa al inicio de la intervención fueron similares para todos los grupos estudiados. El grupo control postintervención tuvo una leve disminución, pero sin significancia. Los grupos HC y LIP no mostraron diferencias significativas entre el antes y el después de la intervención, pasando de 26,8 a 27,0 kg de grasa y de 30,3 a 30,5 kg, respectivamente, al finalizar las nueve semanas de entrenamiento (Fig. 1A). Al comparar los diferentes grupos, solo encontramos diferencias entre los valores registrados de kg de masa grasa del grupo HC y el grupo control al término de la intervención (Fig. 2A).

OXIDACIÓN DE LÍPIDOS PRE Y POSTINTERVENCIÓN

Los valores iniciales de oxidación de grasas (g/min) fueron similares para todos los grupos de estudio (media de 0,26 g/min) (Tabla I). Luego de nueve semanas de intervención, los grupos HC y control

aumentaron la tasa de oxidación a 0,29 g/min y 0,33 g/min, respectivamente. El grupo LIP disminuyó la tasa de oxidación, registrando un valor de 0,23 g/min al término del estudio, no existiendo diferencias significativas entre pre y postintervención para ninguno de los grupos (Fig. 1B). Al comparar los tres grupos entre sí al término de la intervención tampoco se observaron diferencias (Fig. 2B).

Tabla I. Características descriptivas de la muestra antes de la intervención

Variables	HC (n = 6)	LIP (n = 6)	Control (n = 7)	P1	P2	P3
Edad (años)	20,7 ± 1,2	21,0 ± 1,0	22,0 ± 1,4	0,33	0,73	0,41
Peso (kg)	62,2 ± 9,4	52,5 ± 1,9	65,0 ± 3,4	0,72	0,21	0,11
Talla (m)	1,6 ± 0,08	1,6 ± 0,02	1,7 ± 0,07	0,64	0,40	0,34
IMC (kg/m ²)	22,0 ± 1,7	23,0 ± 1,6	22,0 ± 1,7	0,99	0,30	0,28
Perímetro de cintura (cm)	79,4 ± 8,4	71,0 ± 7,8	75,0 ± 7,1	0,59	0,27	0,60
Masa grasa total (kg)	16,2 ± 3,5	18,0 ± 5,7	16,8 ± 5,2	0,81	0,52	0,71
Masa magra total (kg)	38,4 ± 5,0	45,9 ± 9,4	41,2 ± 7,5	0,46	0,11	0,34
Oxidación de lípidos (g/min)	0,25 ± 0,04	0,25 ± 0,04	0,27 ± 0,1	0,77	0,12	0,53
Ingesta de energía (kcal/d)	1.428,0 ± 266,0	2.180,1 ± 1.118,8	2.051,2 ± 884,0	0,17	0,18	0,83
Ingesta HC (g/d)	207,5 ± 98,3	355,9 ± 175,5	281,2 ± 269,7	0,58	0,13	0,58
Ingesta proteínas (g/d)	103,7 ± 108,8	181,9 ± 265,0	140,3 ± 122,6	0,62	0,55	0,73
Ingesta lípidos (g/d)	21,3 ± 24,9	59,2 ± 80,4	46,0 ± 50,7	0,35	0,34	0,74

HC: grupo hidratos de carbono; LIP: grupo lípidos. Valores expresados en media ± DS. P1: diferencias estadísticas entre grupo HC vs CONTROL. P2: diferencias estadísticas entre grupo HC vs. LIP. P3: diferencias estadísticas entre grupo LIP vs. CONTROL.

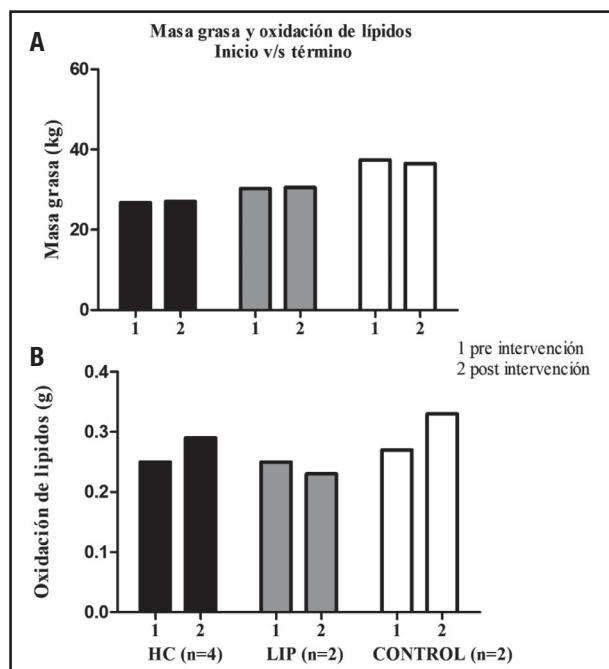


Figura 1. Comparación de masa grasa (A) y oxidación de lípidos (B) al inicio y término de la intervención intragrupos.

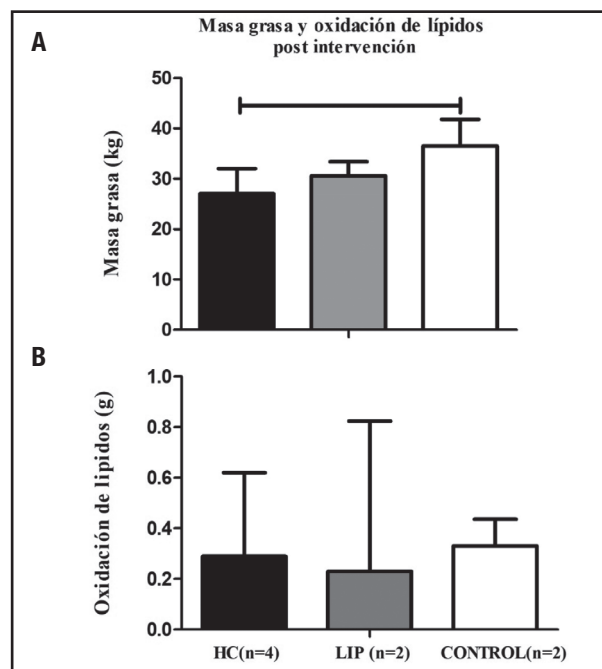


Figura 2. Comparación de masa grasa (A) y oxidación de lípidos (B) al término de la intervención entre grupos intervenidos.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que las características de los macronutrientes incluidos en una matriz alimentaria, consumidos previamente a una sesión de ejercicio, durante nueve semanas de intervención no afectarían a la oxidación de ácidos grasos ni a la cantidad de masa grasa en adultos físicamente activos de ambos sexos. También observamos que el grupo control que no consumió ningún tipo de colación fue el único que disminuyó la cantidad de masa grasa y aumentó la oxidación de grasas postintervención, pero sin resultados estadísticamente significativos con respecto a los grupos HC y LIP. Nuestros hallazgos sugieren que el consumo de colación fuente de HC complejos o ácidos grasos monoinsaturados, previo a una hora de una sesión de ejercicio físico planificado realizado tres veces por semana, no interferiría en la oxidación de ácidos grasos y disminución de masa grasa.

A pesar de la existencia de diferentes protocolos de ayunas asociados a estudios de ejercicios de resistencia y pérdida de peso corporal (25), nuestro estudio obtuvo resultados similares a los planteados por Wu y cols., con ayunas de tres horas antes de una sesión de entrenamiento, donde se concluye que un aumento considerable de las concentraciones de insulina podría permanecer incluso elevado después de tres horas de haber consumido una comida (26), pudiendo intervenir en la tasa de oxidación de ácidos grasos.

Nosotros encontramos que la masa grasa y oxidación de ácidos grasos no varió en los grupos HC y LIP después de nueve semanas de intervención. Este hecho podría explicarse por un mantenimiento prolongado de la glicemia posterior a la ingesta de HC complejos (27) y baja cantidad de grasas suministrada a los participantes en forma de colación. Tanto Costill como Vukovich y cols. demostraron que la ingestión de comidas altas en grasas y la infusión plasmática de lípidos, en combinación con la administración de heparina, serían efectivos para elevar las concentraciones plasmáticas de ácidos grasos libres, asociado a una menor utilización de glicógeno muscular y oxidación de HC durante el ejercicio (28,29). Por otro lado, Boss y cols., en 16 participantes jóvenes sedentarios que consumieron una dieta rica en ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados en forma de aceite durante cuatro semanas, tampoco observaron asociaciones significativas al respecto (21). Sin embargo, somos conscientes de que la muestra reducida, la realización de ejercicio físico de manera no presencial, la alta deserción (58%) de los participantes del estudio y el tipo de alimentación previo a las tres horas de entrenamiento del grupo control podrían ser factores limitantes en nuestros resultados.

En conclusión, la calidad y el origen de los macronutrientes consumidos una hora previo a una sesión de entrenamiento no afectarían la oxidación de los ácidos grasos durante el ejercicio y su efecto en la disminución de masa grasa. No obstante, es necesario continuar investigando en esta temática, considerando un mayor tamaño muestral, diversas características de la población y tiempos de introducción de alimentos, con el objetivo de clarificar y generar directrices para recomendaciones poblacionales, no

solo con objetivos de mejora de composición corporal en adultos sanos activos, sino también en la terapia de las enfermedades crónicas vinculadas al sobrepeso y obesidad.

AGRADECIMIENTOS

Estudiantes de Nutrición y Dietética del Departamento de Nutrición (Daniela Constanza Atenas Mallea, Nicole Andrea Espinoza Vera, Macarena Estefany Fonseca Moreno, Manuel Isaías Santibáñez Reyes) y Departamento de Kinesiología de la Universidad de Chile.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jeukendrup AE. Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment. *Biochem Soc Trans* 2003;31(Pt 6):1270-3.
2. Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Gastaldelli A, Horowitz JF, Endert E, et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol* 1993;265(3 Pt 1):E380-91.
3. Coyle EF. Substrate utilization during exercise in active people. *Am J Clin Nutr* 1995;61(4 Suppl):968s-79s.
4. Askew EW. Role of fat metabolism in exercise. *Clin Sports Med* 1984;3(3):605-21.
5. Achten J, Jeukendrup AE. Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition* 2004;20(7-8):716-27.
6. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(1):92-7.
7. Maughan RJ, Williams C, Campbell DM, Hepburn D. Fat and carbohydrate metabolism during low intensity exercise: effects of the availability of muscle glycogen. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1978;39(1):7-16.
8. Jeukendrup A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med* 2014;44(Suppl 1):S25-33.
9. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci* 2011;29(Suppl 1):S17-27.
10. Wee SL, Williams C, Tsintzas K, Boobis L. Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but augments its utilization during subsequent exercise. *J Appl Physiol* 2005;99(2):707-14.
11. Tsintzas K, Williams C. Human muscle glycogen metabolism during exercise. Effect of carbohydrate supplementation. *Sports Med* 1998;25(1):7-23.
12. Ivy JL. Glycogen resynthesis after exercise: effect of carbohydrate intake. *Int J Sports Med* 1998;19(Suppl 2):S142-5.
13. Nicholas CW, Green PA, Hawkins RD, Williams C. Carbohydrate intake and recovery of intermittent running capacity. *Int J Sport Nutr* 1997;7(4):251-60.
14. Bennett CB, Chilibeck PD, Barss T, Vatanparast H, Vandenberg A, Zello GA. Metabolism and performance during extended high-intensity intermittent exercise after consumption of low- and high-glycaemic index pre-exercise meals. *Br J Nutr* 2012;108(Suppl 1):S81-90.
15. Horowitz JF, Mora-Rodríguez R, Byerley LO, Coyle EF. Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise. *Am J Physiol* 1997;273(4 Pt 1):E768-75.
16. Satabin P, Portero P, Defer G, Bricout J, Guezennec CY. Metabolic and hormonal responses to lipid and carbohydrate diets during exercise in man. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19(3):218-23.
17. St-Onge MP, Ross R, Parsons WD, Jones PJ. Medium-chain triglycerides increase energy expenditure and decrease adiposity in overweight men. *Obes Res* 2003;11(3):395-402.
18. Jeukendrup AE, Saris WH, Van Diesen R, Brouns F, Wagenmakers AJ. Effect of endogenous carbohydrate availability on oral medium-chain triglyceride oxidation during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 1996;80(3):949-54.
19. Blankson H, Stakkestad JA, Fagertun H, Thom E, Wadstein J, Gudmundsen O. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J Nutr* 2000;130(12):2943-8.
20. Delarue J, Labarthe F, Cohen R. Fish-oil supplementation reduces stimulation of plasma glucose fluxes during exercise in untrained males. *Br J Nutr* 2003;90(4):777-86.

21. Boss A, Lecoultre V, Ruffieux C, Tappy L, Schneiter P. Combined effects of endurance training and dietary unsaturated fatty acids on physical performance, fat oxidation and insulin sensitivity. *Br J Nutr* 2010;103(8): 1151-9.
22. Piers LS, Walker KZ, Stoney RM, Soares MJ, O'Dea K. Substitution of saturated with monounsaturated fat in a 4-week diet affects body weight and composition of overweight and obese men. *Br J Nutr* 2003;90(3): 717-27.
23. Norman MK. Estrategias para incrementar la oxidación de grasas durante el ejercicio. *Rev Chil Nutr* 2004;31(3).
24. Cobos-Carbo A, Augustovski F. CONSORT 2010 Declaration: updated guideline for reporting parallel group randomised trials. *Med Clin* 2011;137(5): 213-5.
25. Vicente-Salar N, Urdampilleta Otegui A, Roche Collado E. Endurance training in fasting conditions: biological adaptations and body weight management. *Nutr Hosp* 2015;32(6):2409-20.
26. Wu CL, Nicholas C, Williams C, Took A, Hardy L. The influence of high-carbohydrate meals with different glycaemic indices on substrate utilisation during subsequent exercise. *Br J Nutr* 2003;90(6):1049-56.
27. Thomas DE, Brotherhood JR, Brand JC. Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index. *Int J Sports Med* 1991;12(2):180-6.
28. Costill DL, Coyle E, Dalsky G, Evans W, Fink W, Hoopes D. Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J Appl Physiol* 1977;43(4):695-9.
29. Vukovich MD, Costill DL, Hickey MS, Trappe SW, Cole KJ, Fink WJ. Effect of fat emulsion infusion and fat feeding on muscle glycogen utilization during cycle exercise. *J Appl Physiol* 1993;75(4):1513-8.