

Los triplicéridos de cadena media, agentes para perder peso, inducir la cetosis y mejorar la salud en general

Joaquín Pérez-Guisado

Departamento de Genética. Universidad de Córdoba

Correspondencia:

Dr. Joaquín Pérez-Guisado

Departamento de Genética. Edificio Gregorio Mendel.

Campus de Rabanales. Universidad de Córdoba. 14071 Córdoba

Correo electrónico: pv1peguj@uco.es

Fecha de recepción: 28-05-2010

Los triglicéridos de cadena media (TCM) son un tipo de lípido cuyas moléculas de ácido graso tienen entre 6 y 12 átomos de carbono. Los TCM forman parte de muchos alimentos. Las fuentes naturales que tienen mayor concentración de TCM son el aceite de coco y el de palma.

Su consumo es considerado totalmente seguro y presenta como únicos posibles efectos adversos a destacar las náuseas, malestar gástrico y diarreas. Esto se puede evitar, en parte, empezando con dosis bajas, que se irán aumentando progresivamente según la tolerancia.

Los TCM, en comparación con los triglicéridos de cadena larga (TCL), producen un mayor efecto saciante, conducen a un mayor gasto energético y son capaces de reducir tanto el número de adipocitos como el tamaño de los mismos. Todo esto trae como consecuencia una menor ganancia de peso y un descenso en los depósitos grasos.

El consumo de TCM en una dieta cetogénica permite aumentar los valores de hidratos de carbono ingeridos en hasta un 20% de las calorías totales, sin que el paciente salga de su estado de cetosis, si los TCM representan el

30-60% del gasto calórico diario total ingerido. Los TCM poseen además innumerables beneficios saludables y son de utilidad para: problemas de malabsorción intestinal, enfermedad inflamatoria intestinal, infecciones intestinales, preservar el peso en pacientes con VIH, síntomas de la caquexia, prevención y tratamiento del síndrome metabólico y la diabetes de tipo 2, preservar la función cerebral en situaciones de hipoglicemia, y activar el sistema inmune del paciente y las defensas contra el cáncer.

Palabras clave: Dietas cetogénicas. Gasto energético. Ácidos grasos de cadena media. Obesidad. Síndromes de malabsorción.

Medium chain triglycerides, agents for weight loss, induce the ketosis and improve the health

Medium chain triglycerides (MCT) are a class of lipids in which each fat molecule is between 6 and 12 carbons in length. MCTs are a component of many foods, with coconut and palm oils being the dietary sources with the highest concentration of MCT.

The major adverse effect that is noted by beginning users of MCTs is nausea, gastric dis-

comfort and diarrhoea. This can be minimized or eliminated by starting with very small doses and increasing the dose as tolerated.

MCT (medium chain triglycerides) compared with LCT (long chain triglycerides) are more satiating, lead to a greater caloric expending and are able to reduce the size and the number of adipocytes. The final consequence is a lower weight gain and less fatty deposits.

In ketogenic diets, MCT intake allows more carbohydrates consumption yet preserving ketosis state. So carbohydrates can reach the 20% of daily energy intake if between 30-60% of such energy come from MCT.

MCT have also many healthy properties, being useful for: malabsorption syndromes, bowel disease, enterogenous infection, weight maintenance in AIDS patients, symptoms of cachexia, prevention and treatment of metabolic syndrome and diabetes type 2, preserving cognitive function during acute hypoglycaemia, stimulating the immune system of the patient and the defenses against the cancer.

Key words: Energy expenditure. Ketogenic diets. Malabsorption syndromes. Medium chain fatty acids. Obesity.

INTRODUCCIÓN

Como bien sabemos, la obesidad y todas las enfermedades asociadas a la misma se han convertido en un verdadero problema epidemiológico internacional. El arsenal de sistemas de adelgazamiento es numeroso, siendo las dietas cetogénicas, como veremos más adelante, una alternativa válida a considerar.

De igual forma, los alimentos funcionales, entendidos como aquellos alimentos capaces de ejercer acciones beneficiosas sobre ciertas funciones del organismo que van más allá de sus efectos nutricionales, están teniendo un creciente protagonismo y difusión a través de los medios de comunicación. Centrándonos en el problema de la obesidad, en la dieta cetogénica y en el concepto de alimento funcional, surgió la intención de hacer la presente revisión bibliográfica en torno a los triglicéridos de cadena media (TCM), por considerarse, como explicaremos en la presente revisión, un alimento funcional con manifiestas propiedades contra la obesidad y con un efecto inductor de la cetosis, motivo por el cual su uso podría maximizar o favorecer el poder adelgazante de una dieta cetogénica.

FUNDAMENTOS BIOQUÍMICOS

Los ácidos grasos de cadena media son aquellos que tiene entre 6 y 12 átomos de carbono. Los más conocidos son el ácido hexanoico o caproico [$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$], el ácido octanoico o caprílico [$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$] y el ácido decanoico o cáprico [$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$]. Los triglicéridos derivados de estos ácidos grasos, es decir, de la unión de 3 moléculas de ácidos grasos a 1 de glicerol, son los TCM, que se caracterizan por proporcionar aproximadamente un 25% de calorías menos que los triglicéridos de cadena larga (TCL): 6,8 cal/g frente a 9 cal/g⁽¹⁾.

Las fuentes naturales de estas grasas son el aceite de coco y el de palma, aunque actualmente ya están disponibles extractos de los mismos en forma de suplemento alimentario. Los TCM son absorbidos más rápidamente que los TCL por el intestino, ya que, a diferencia de éstos, más del 30% de los TCM se absorben por vía sanguínea portal y no linfática, previa conversión en quilomicrones⁽²⁾.

De igual forma, se metabolizan más rápidamente para la obtención de energía, motivo por el cual los TCM son destinados principalmente a la obtención de energía inmediata por órganos y músculos en lugar de convertirse en grasa. Esto es debido a la capacidad que tienen los ácidos grasos de cadena media de traspasar rápidamente la doble membrana mitocondrial, ya que, a diferencia de los ácidos grasos de cadena larga, los

de cadena media no necesitan la presencia de carnitina como transportador. Esto genera un exceso de acetil-coA mitocondrial que estimula varias rutas metabólicas tanto a nivel citosólico como mitocondrial (ciclo de Krebs), lo que va a hacer que el hígado sea estimulado a producir cuerpos cetónicos a partir del acetil-coA, generado en exceso a nivel intramitocondrial y desbordando la capacidad oxidativa del ciclo de Krebs⁽³⁾.

SEGURIDAD DE LOS TCM

Estudios toxicológicos afirman que los TCM son seguros cuando se consumen en altas cantidades, incluso más de un 1 g/kg de peso y día⁽⁴⁾, y son igual de seguros que los ácidos grasos poliinsaturados vegetales en cuanto a perfil lipídico sanguíneo, acumulación grasa en el hígado y marcadores de función hepática⁽⁵⁾.

Si se comparan los TCM con el aceite de oliva (ácido oleico) en un plan de adelgazamiento, aquéllos son tan seguros como éste en cuanto a factores de riesgo metabólico como el colesterol total, la glucemia en ayunas y la presión arterial diastólica⁽⁶⁾. Además, los TCM tienen el valor añadido de favorecer una mayor pérdida de peso y de grasa que el aceite de oliva⁽⁷⁾.

Por lo tanto, los TCM son totalmente seguros y presentan como único problema las diferencias en cuanto a tolerancia gastrointestinal individual, ya que hay personas que experimentan, sobre todo al inicio del tratamiento, problemas menores gastrointestinales, que suelen cursar con calambres abdominales, náuseas e incluso diarreas. Esto se puede evitar empezando con dosis bajas y frecuentes, que se irán aumentando progresivamente⁽⁵⁾.

EFFECTOS DE LOS TCM EN EL GASTO ENERGÉTICO

Los TCM pueden considerarse un alimento o ingrediente funcional en el tratamiento de la obesidad y el sobrepeso debido a que, como veremos, tienen un efecto supuesto sobre la termogénesis, la oxidación de las grasas y el metabolismo⁽⁸⁾.

Estudios con animales en los que se han comparado los TCM con los TCL en el metabolismo lipídico y energético han demostrado que el peso de los animales que consumían TCM era menor que el de los que consumían TCL, siendo por tanto la eficiencia energética de la ingesta menor cuando se consumía TCM⁽⁹⁻¹¹⁾. Para ir más lejos, ingestas con el mismo número de calorías pero con la única variación de TCL por TCM durante largos periodos de tiempo pueden suponer una ganancia de peso 3 veces menor en el grupo que consume TCM⁽⁹⁾.

En cuanto a los estudios realizados con humanos, la sustitución de TCL por TCM ha demostrado suponer un gasto energético superior para los TCM si comparamos dicho gasto con el estado basal. Este gasto varía según los estudios. Así, hay estudios que reportan un gasto energético extra para una dosis de TCM de 30 g de entre el 48% y el 65%⁽¹²⁾, mientras que en otros, para una dosis de TCM de unos 60 g, el gasto energético extra es más reducido y oscila en torno al 12%⁽¹³⁾. Además, el mayor efecto termogénico de los TCM no solamente está presente en las pocas horas siguientes a su ingesta, sino que permanece durante un mayor periodo de tiempo a lo largo del día⁽¹⁴⁾. Hay estudios que demuestran este efecto termogénico incluso una semana después de la ingesta de los TCM⁽¹⁵⁾.

Las investigaciones que encontraron grandes diferencias entre los TCM y los TCL llegaron a la conclusión de que los TCM podrían ser utilizados en el tratamiento o la prevención de la obesidad humana⁽¹²⁻¹⁴⁾.

EFFECTOS DE LOS TCM SOBRE LOS DEPÓSITOS DE GRASA

Estudios con animales han demostrado que los que consumen TCM tienen menor peso, menor depósitos de grasa⁽¹⁶⁻¹⁹⁾ y menor tamaño del adipocito^(16,17) que los que consumen TCL. Además, también se ha comprobado que los TCM de 8 y 10 átomos de carbono tienen la capacidad de reducir el número de adipocitos a través de una inducción de la apoptosis en los mismos⁽²⁰⁾.

En cuanto a los estudios realizados en seres humanos, es importante destacar que el efecto lipolítico de los TCM es más alto en varones⁽¹²⁻¹⁵⁾ que en mujeres^(18,21) si comparamos el gasto energético entre ambos sexos cuando unos y otros consumen TCM o TCL.

EFFECTO SACIANTE DE LOS TCM

Los TCM se caracterizan por tener un efecto saciante^(22,23) que no es debido a una mayor producción de colecistoquinina^(24,25) u otras hormonas gastrointestinales derivadas de la ingesta de los mismos⁽²⁵⁾. Este efecto parece atribuido a la mayor producción asociada de cuerpos cetónicos, como el β -hidroxibutirato, de conocidos efectos anorexígenos⁽²⁶⁾.

UTILIDAD DE LOS TCM EN LA DIETA CETOGÉNICA

El cambio metabólico conseguido por este tipo de dietas (de glucolítico a lipolítico) se logra cuando el contenido de car-

bohidratos de la dieta es lo suficientemente bajo como para causar cetosis (de ahí el nombre de dietas cetogénicas o muy bajas en carbohidratos). En cuanto al nivel de carbohidratos que debe tener una dieta para considerarse cetogénica, hay que hacer puntualizaciones, ya que esto dependerá del fin de dicha dieta. Si una dieta cetogénica es utilizada para perder peso, la cantidad de carbohidratos ingerida deberá ser inferior a 0,2-0,4 g/kg de peso y día, pudiéndose consumir grasas y proteínas sin restricción alguna. Por el contrario, cuando la dieta cetogénica se utiliza para el tratamiento de la epilepsia en niños, esta dieta debe ser mucho más restrictiva, con el objetivo de conseguir una cetosis mucho más fuerte, de tal forma que el contenido en carbohidratos ha de ser muy bajo: inferior a 10 g al día. Además, esta dieta cetogénica es también baja en proteínas y muy alta en grasas, de tal forma que la relación grasas-no grasas (proteínas + carbohidratos) es del orden de 4:1^(27,28).

Se conoce desde hace tiempo que la dieta cetogénica rica en TCM –también llamada dieta cetogénica de TCM (DCTCM)– permite utilizar una mayor proporción de hidratos de carbono siguiendo con el estado de cetosis, debido a que los TCM tienen mayor poder cetogénico que los TCL⁽²⁹⁾. Esto podría ser de utilidad tanto en pacientes resistentes a desarrollar el estado de cetosis –independientemente del fin que nos propongamos, ya sea para perder peso o para tratar la epilepsia– como en aquellos con los que, por cualquier circunstancia, queremos ser más permisivos con la ingesta en hidratos de carbono, sin salir por ello del estado cetogénico.

Así, la primera DCTCM que permitió tener a un paciente en cetosis con una mayor ingesta de hidratos de carbono tenía una proporción de TCM / TCL + proteínas + hidratos de carbono de 1,2/1, siendo más palatable que la dieta cetogénica tradicional, que tenía una proporción de grasa/no grasa de 4/1. En esta dieta, el 60% de las calorías ingeridas provenían de los TCM, y el 40% restante se distribuía en un 19% para los hidratos de carbono, un 10% para los TCL y un 11% para las proteínas⁽³⁰⁾.

El único problema es que hay personas que son más susceptibles que otras en cuanto a la tolerabilidad gastrointestinal de los TCM si se ingieren en altas dosis. Para remediar esto, Schwartz *et al.*⁽³¹⁾ comprobaron que se puede jugar con la proporción de TCM-TCL, de tal forma que la suma de ambos siempre fuera del 71%, y la de proteínas e hidratos de carbono debería mantenerse en torno al 29% (10% y 19%, respectivamente), siempre y cuando los límites de TCM estuvieran entre el 30 y el 60%, y los de TCL entre el 11 y el 41%. Si el paciente no entraba en cetosis, lo que hacían era aumentar los TCM a costa de los TCL.

El efecto cetogénico también se puede mantener jugando con la proporción de hidratos de carbono-proteínas, que debería estar en torno al 30%; así, por ejemplo, el efecto cetogénico

sigue presente si se reducen los hidratos de carbono a favor de las proteínas en una proporción del 20% de proteínas y el 10% de hidratos de carbono⁽³²⁾.

El principal problema de estos estudios es que se fundamentan en dietas cetogénicas altas en grasas, como las que se usan típicamente en la epilepsia, y no en dietas cetogénicas proteinadas (fundamentadas en las proteínas), muy utilizadas para perder peso, de tal forma que sería conveniente demostrar la proporción exacta de TCM necesaria para inducir el estado de cetosis en pacientes que podrían ser resistentes a la misma durante la realización de este tipo de dietas.

BENEFICIOS ADICIONALES A LA PÉRDIDA DE PESO

Otros beneficios que se puede atribuir a los TCM, y que encajarían con su perfil de alimento funcional, son:

1. Están médicamente indicados para problemas de mala absorción intestinal, como la fibrosis quística, el síndrome del intestino corto, la enfermedad celíaca y enfermedades hepáticas⁽³⁾. Se ha demostrado que reducen los síntomas de la linfangiectasia intestinal y reducen la mortalidad asociada⁽³³⁾.

2. Pueden ayudar a mantener el peso en pacientes con virus de la inmunodeficiencia humana, mejorando las molestias abdominales y el exceso de motilidad intestinal⁽²⁾.

3. Favorecen una menor producción de TNF- α , citocina presente en las enfermedades consuntivas y responsable de buena parte de los síntomas asociados a la caquexia⁽²⁾.

4. Favorecen unos niveles posprandiales de glucosa más reducidos en pacientes con diabetes de tipo 2⁽³⁴⁾ y presentan además, como ventaja terapéutica frente a otras grasas, la capacidad para preservar la sensibilidad hacia la insulina⁽³⁵⁾, tanto a nivel adiposo como muscular⁽³⁶⁾ y de contrarrestar la resistencia a la insulina que pueden provocar los TCL saturados⁽³⁷⁾, lo cual los hace muy interesantes en la prevención y el tratamiento del síndrome metabólico y la diabetes de tipo 2⁽³⁵⁾.

5. Mejoran la función cognitiva en pacientes con diabetes de tipo 1 grave y preservan la función cerebral en situaciones de hipoglicemia⁽³⁸⁾.

6. Favorecen la proliferación celular y la producción de moco a nivel de la mucosa intestinal, lo cual puede ejercer un efecto protector en el intestino de pacientes que tienen enfermedad inflamatoria intestinal o infecciones intestinales⁽³⁹⁾. El potencial efecto antiinflamatorio intestinal ha sido demostrado en la colitis inducida químicamente en ratas⁽⁴⁰⁾.

A este efecto antiinflamatorio hay que sumarle la capacidad que tienen los TCM de favorecer la producción a nivel intesti-

nal de inmunoglobulina A, que ejerce un efecto inmunomodulador y protector de la pared intestinal⁽⁴¹⁾.

7. La nutrición enteral con TCM es superior a la que contiene únicamente TCL en la mejora de la función inmunológica de pacientes quemados⁽⁴²⁾.

8. Los TCM pueden proporcionar un potente efecto antitumoral además de mantener una función normal del sistema inmune⁽⁴³⁾. Si a esto le sumamos que las dietas cetogénicas han demostrado tener efectos anticancerígenos⁽⁴⁴⁾, todo lo contrario de lo que sucede con las dietas ricas en hidratos de carbono⁽⁴⁵⁾, no debería extrañarnos que la DCTCM haya sido empleada en pacientes con cáncer⁽³²⁾.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ingle DL, Driedger A, Traul KA, Nakhasi DK. Dietary energy value of medium-chain triglycerides. *J Food Sci* 1999; 64: 960-3.
2. Anonymous. Medium chain triglycerides. Monograph. *Altern Med Rev* 2002; 7: 418-20.
3. Dean W, English J. Medium chain triglycerides (MCTs). beneficial effects on energy, atherosclerosis and aging. *Vitamin Research News* 2003; 17: 2-7.
4. Traul KA, Driedger A, Ingle DL, Nakhasi D. Review of the toxicologic properties of medium-chain triglycerides. *Food Chem Toxicol* 2000; 38: 79-98.
5. Nosaka N, Kasai M, Nakamura M, Takahashi I, Itakura M, Takeuchi H, et al. Effects of dietary medium-chain triacylglycerols on serum lipoproteins and biochemical parameters in healthy men. *Biosci Biotechnol Biochem* 2002; 66: 1713-8.
6. St-Onge MP, Bosarge A, Goree LLT, Darnell B. Medium chain triglyceride oil consumption as part of a weight loss diet does not lead to an adverse metabolic profile when compared to olive oil. *J Am Coll Nutr* 2008; 27: 547-52.
7. St-Onge MP, Bosarge A. Weight-loss diet that includes consumption of medium-chain triacylglycerol oil leads to a greater rate of weight and fat mass loss than does olive oil. *Am J Clinical Nutrition* 2008; 87: 621-6.
8. Picó C, Oliver P, Priego T, Sánchez J, Palou A. Alimentos funcionales y obesidad: estrategias, eficacia y seguridad. *Rev Esp Obes* 2006; 4: 156-74.
9. Lasekan JB, Rivera J, Hirvonen MD, Keeseey RE, Ney DM. Energy expenditure in rats maintained with intravenous or intragastric infusion of total parenteral nutrition solutions containing medium- or long-chain triglyceride emulsions. *J Nutr* 1992; 122: 1483-92.

10. Mabayo RT, Furuse M, Murai A, Okumura JI. Interactions between medium-chain and long-chain triacylglycerols in lipid and energy metabolism in growing chicks. *Lipids* 1994; 29: 139-44.
11. Rothwell NJ, Stock MJ. Stimulation of thermogenesis and brown fat activity in rats fed medium chain triglyceride. *Metabolism* 1987; 36: 128-30.
12. Scafì L, Coltorti A, Contaldo F. Postprandial thermogenesis in lean and obese subjects after meals supplemented with medium-chain and long-chain triglycerides. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 1130-3.
13. Seaton TB, Welle SL, Warenko MK, Campbell RG. Thermic effect of medium-chain and long-chain triglycerides in man. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 630-4.
14. Dulloo A G, Fathi M, Mensi N, Girardier L. Twenty-four-hour energy expenditure and urinary catecholamines of humans consuming low-to-moderate amounts of medium-chain triglycerides: a dose-response study in human respiratory chamber. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: 152-8.
15. Hill JO, Peters JC, Yang D, Sharp T, Kaler M, Abumrad NN, Greene HL. Thermogenesis in humans during overfeeding with medium-chain triglycerides. *Metabolism* 1989; 38: 641-8.
16. Baba N, Bracco EF, Hashim SA. Enhanced thermogenesis and diminished deposition of fat in response to overfeeding with diet containing medium chain triglyceride. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 678-82.
17. Crozier G, Bois-Joyeux B, Chanez M, Girard J, Peret J. Metabolic effects induced by long-term feeding of medium-chain triglycerides in the rat. *Metabolism* 1987; 36: 807-14.
18. Geliebter A, Torbay N, Bracco E, Hashim SA, Van Itallie TB. Overfeeding with medium-chain triglyceride diet results in diminished deposition of fat. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 1-4.
19. Lavau MM, Hashim SA. Effect of medium chain triglyceride on lipogenesis and body fat in the rat. *J Nutr* 1978; 108: 613-20.
20. Yang JY, Rayalam S, Della-Fera MA, Ambati S, Baile CA. Octanoate and decanoate induce apoptosis in 3T3-L1 adipocytes. *J Med Food* 2009; 12: 959-66.
21. White MD, Papamandjaris AA, Jones PJH. Enhanced postprandial energy expenditure with medium-chain fatty acid feeding is attenuated after 14 d in premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 883-9.
22. Stubbs RJ, Harbron CG. Covert manipulation of the ration of medium- to long-chain triglycerides in isoenergetically dense diets: effect on food intake in ad libitum feeding men. *Int J Obes* 1996; 20: 435-44.
23. Van Wymelbeke V, Himaya A, Louis-Sylvestre J, Fantino M. Influence of medium-chain and long-chain triacylglycerols on the control of food intake in men. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 226-34.
24. McLaughlin J, Luca MG, Jones MN, D'Amato M, Dockray GJ, Thompson DG. Fatty acid chain length determines cholecystokinin secretion and effect on human gastric motility. *Gastroenterology* 1999; 116: 46-53.
25. Barbera R, Peracchi M, Cesana B, Bianchi PA, Basilisco G. Sensations induce by medium and long chain triglycerides: role of gastric tone and hormones. *Gut* 2000; 46: 32-6.
26. Bray GA, Lee M, Bray TL. Weight gain of rats fed medium-chain triglycerides is less than rats fed long-chain triglycerides. *Int J Obes* 1980; 4: 27-32.
27. Pérez-Guisado J. Arguments in favor of ketogenic diets. *Internet J Nutr Wellness* 2007; 4: 2
28. Pérez-Guisado J. Ketogenic diets and weight loss: basis and effectiveness. *Arch Latinoam Nutr* 2008; 58: 126-31.
29. Schön von H, Lippach I, Gelpke W. Stoffwechselunter suchungen mit einem Mischglycerio der Fettsäuren Mittlerer Kettenlänge. *Gastroenterologia* 1959; 91: 199-213.
30. Huttenlocher PR, Wilbourn AJ, Signore JM. Medium-chain triglycerides as a therapy for intractable child epilepsy. *Neurology* 1971; 21: 1097-103.
31. Schwartz RH, Eaton J, Bower BD, Aynsley-Green A. Ketogenic diets in the treatment of epilepsy: short-term clinical effects. *Dev Med Child Neurol* 1989; 31: 145-51.
32. Nebeling LC, Lerner E. Implementing a ketogenic diet based on medium-chain triglyceride oil in pediatric patients with cancer. *J Am Diet Assoc* 1995; 95: 693-7.
33. Desai AP, Guvenc BH, Carachi R. Evidence for medium chain triglycerides in the treatment of primary intestinal lymphangiectasia. *Eur J Pediatr Surg* 2009; 19: 241-5.
34. Yost TJ, Erskine JM, Gregg TS, Podlecki DL, Brass EP, Eckel RH. Dietary substitution of medium chain triglycerides in subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus in an ambulatory setting: impact on glycemic control and insulin-mediated glucose metabolism. *J Am Coll Nutr* 1994; 13: 615-22.
35. Nagao K, Yanagita T. Medium-chain fatty acids: functional lipids for the prevention and treatment of the metabolic syndrome. *Pharmacol Res* 2010; 61: 208-12.
36. Turner N, Hariharan K, TidAng J, Frangioudakis G, Beale SM, Wright LE, et al. Enhancement of muscle mitochondrial oxidative capacity and alterations in insulin action are lipid species dependent: potent tissue-specific effects of medium-chain fatty acids. *Diabetes* 2009; 58: 2547-54.
37. Wein S, Wolfram S, Schrezenmeir J, Gasperiková D, Klimes I, Seböková E. Medium-chain fatty acids ameliorate insulin resistance caused by high-fat diets in rats. *Diabetes Metab Res Rev* 2009; 25: 185-94.

38. Page KA, Williamson A, Yu N, McNay EC, Dzura J, McCrimmon RJ, Sherwin RS. Medium-chain fatty acids improve cognitive function in intensively treated type 1 diabetic patients and support in vitro synaptic transmission during acute hypoglycemia. *Diabetes* 2009; 58: 1237-44.
39. Ishii K, Kono H, Hosomura N, Tsuchiya M, Ohgiku M, Tanaka N, Fujii H. Medium-chain triglycerides enhance mucous secretion and cell proliferation in the rat. *J Gastroenterol* 2009; 44: 204-11.
40. Kono H, Fujii H, Ishii K, Hosomura N, Ogiku M. Dietary medium-chain triglycerides prevent chemically induced experimental colitis in rats. *Transl Res* 2010; 155: 131-41.
41. Kono H, Fujii H, Asakawa M, Maki A, Amemiya H, Hirai Y, et al. Medium-chain triglycerides enhance secretory IgA expression in rat intestine after administration of endotoxin. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2004; 286: G1081-9.
42. Yan H, Huang XH, Xiao KJ, Liu XS, Peng YZ, Huang YS, Wang SL. [Effects of medium and long-chain triglyceride on the immune function of burn patients during early postburn stage] *Zhonghua Shao Shang Za Zhi* 2003; 19 (4): 202-5.
43. Kimoto Y, Tanji Y, Taguchi T, Sugimoto T, Watanabe T, Tsukamoto F, et al. Antitumor effect of medium-chain triglyceride and its influence on the self-defense system of the body. *Cancer Detect Prev* 1998; 22: 219-24.
44. Pérez-Guisado J. Ketogenic diets: additional benefits to the weight loss and unfounded secondary effects. *Arch Latinoam Nutr* 2008; 58: 323-9.
45. Pérez-Guisado J. Carbohydrates, glucose metabolism and cancer. *Endocrinol Nutr* 2006; 53: 252-5.