

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO  
CURSO DE NUTRIÇÃO**

**Ana Paula de Souza Lambert**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE TRIACILGLICERÍDEO DE CADEIA MÉDIA  
SOBRE O DESEMPENHO ESPORTIVO**

**SÃO PAULO  
2020**

**Ana Paula de Souza Lambert**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE TRIACILGLICERÍDEO DE CADEIA MÉDIA  
SOBRE O DESEMPENHO ESPORTIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Nutrição do Centro Universitário São Camilo, orientado pelo Prof. Me. Marcus Vinicius Lucio dos Santos Quaresma, como requisito parcial para a obtenção do título de Nutricionista.

**SÃO PAULO**

**2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Padre Radrizzani**

Lambert, Ana Paula de Souza

Efeitos da suplementação de Triacilglicerídeo de cadeia média sobre o desempenho esportivo / Ana Paula de Souza Lambert. -- São Paulo: Centro Universitário São Camilo, 2020.

37 p.

Orientação de Marcus Vinicius Lucio dos Santos Quaresma.

Trabalho de Conclusão de Curso de Nutrição (Graduação), Centro Universitário São Camilo, 2020.

1. Dietoterapia 2. Eficiência 3. Esportes 4. Suplementos nutricionais 5. Triglicerídeos I. Quaresma, Marcus Vinicius Lucio dos Santos II. Centro Universitário São Camilo III. Título

**Ana Paula Souza Lambert**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE TRIACILGLICERÍDEO DE CADEIA MÉDIA  
SOBRE O DESEMPENHO ESPORTIVO**

São Paulo, 13 de Julho de 2020



**MARCUS V. L. SANTOS**  
**NUTRICIONISTA**  
**CRN 3-41045**

---

Prof. Me. Marcus Vinicius Lucio dos Santos Quaresma  
Professor Orientador

---

Professor Examinador

**São Paulo**  
**2020**

## **Dedicatória**

Dedico o presente trabalho aos familiares que sempre me acompanharam no percurso universitário, meus pais e irmão, que jamais me deixaram esmorecer e que sempre tinham uma palavra de incentivo e apoio, aos demais familiares, sempre presentes e amorosos. Dedico aos amigos próximos, que estiveram comigo e acreditavam no meu potencial.

## **Agradecimentos**

Meus agradecimentos primeiramente a Deus, que me sustentou até aqui e que jamais me abandonará. Agradeço a todos os professores que passaram pelo meu caminho e contribuíram grandemente para a formação da profissional que sou. Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Prof. Me. Marcus Vinicius Lucio dos Santos, que com carinho e paciência me auxiliou, orientando o fazer científico que conduziu a minha formação.

Agradeço a todos que fizeram parte deste caminho.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.*

Charles Chaplin

## RESUMO

Melhorar o desempenho esportivo de esportistas e atletas é objetivo de pesquisa de muitos cientistas no Brasil e no mundo. Embora nas últimas décadas as recomendações de carboidratos não tenham modificado, hipóteses que envolvem o consumo de gorduras para melhora do desempenho ressurgiram, em especial, pelo fomento de entusiastas do exercício físico. A suplementação com triacilglicerídeos de cadeia média (TCM), nesse sentido, tem sido justificada pelo tamanho da molécula que, por sua vez, tem rápida digestibilidade, absorção, transporte e oxidação tecidual, destacando-se como “combustível” em exercícios físicos cujo desempenho é influenciado pelos estoques de glicogênio muscular. Dessa maneira, justifica-se seu uso para poupar a depleção de glicogênio muscular e aumentar o tempo de exercício físico. A presente revisão bibliográfica teve como principal objetivo investigar e compreender se a suplementação com TCM pode influenciar o desempenho de pessoas treinadas e atletas de alto rendimento. Para tanto, uma revisão integrativa foi conduzida procurando exclusivamente na base de dados MEDLINE. Os descritores utilizados foram, previamente, consultados no DECS ou MeSH, para garantir de um adequado rastreio de estudos. A busca foi feita usando descritores e palavras chave (na ausência de descritores adequados), como: *medium chain triglycerides* e *performance* utilizando os operadores booleanos AND ou OR quando necessário. A partir dos estudos encontrados, foi possível concluir que em sua maioria, os estudos sobre o tema são antigos, predominantemente publicados nas décadas de 80 e 90. O TCM é, frequentemente, usado antes (1h) ou durante o treinamento em doses variadas (10 – 180g). A partir dos estudos publicados até o momento, pode-se concluir que o uso de TCM isolado ou em combinação não possui elevada e adequada força de recomendação para esportistas ou atletas de alto rendimento.

**Descritores/palavras-chave:** Suplementação. Dietoterapia. Triacilglicerídeos de cadeia média. Desempenho. Esporte.

## ABSTRACT

Improving the sports performance of physical activity people and athletes is a research purpose of many scientists in Brazil and in the world. Although the recommendations of carbohydrates have not changed in recent decades, hypotheses that involve the fat intake to improve physical performance have reappeared, in particular, by the promotion of exercise enthusiasts. Supplementation with medium chain triglycerides (MCT), in this sense, has been justified by the size of the molecule, which, in turn, has rapid digestibility, absorption, transport and oxidation in target tissue, such as liver and muscle mass, standing out as "fuel" in physical exercises whose performance is influenced by muscle glycogen stores. Thus, its use is justified to "sparing" muscle glycogen depletion and increase the time of physical exercise. This bibliographic review aimed to investigate and understand whether supplementation with MCT can influence the performance of trained people and high-performance athletes. An integrative review was conducted looking exclusively at the MEDLINE database. The descriptors used were previously consulted in the DECS or MeSH, to ensure an adequate screening of studies. The search was done using descriptors and keywords (in the absence of suitable descriptors), such as: medium chain triglycerides and performance using the Boolean operators AND or OR when necessary. From the studies found, it was possible to conclude that most studies are old, predominantly published in the 80s and 90s. MCT is often used before (1h) or during training in varying doses (10 – 180 g). From the studies published to date, it can be concluded that the use of MCT alone or in combination does not have a high and adequate strength of recommendation for athletes or high-performance athletes to improve physical performance.

**Keywords:** Supplementation. Diet therapy. Medium chain triglycerides. Performance. Sport.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>14</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ingestão adequada de alimentos e nutrientes frente a demanda imposta pelo treinamento é fundamental para melhora da performance esportiva. Diversos estudos e consensos reforçam a importância da ingestão de carboidratos (CHO), proteínas (PTN) e lipídeos (LIP) para aporte energético, para estimular a síntese proteica muscular (SPM) e regular os processos inflamatórios, respectivamente. Contudo, embora os carboidratos sejam determinantes para melhora do desempenho haja vista o seu papel de manter e recuperar os níveis de glicogênio muscular (fator determinante para o desempenho), muitos autores buscaram e buscam compreender os efeitos do consumo agudo de LIP para melhora do desempenho (MENON e SANTOS, 2012).

Os LIP se constituem em uma categoria de substâncias orgânicas insolúveis em água, mas solúveis em álcool e éter. Os três tipos de lipídeos mais importantes aos humanos são os triglicerídeos (TAG), o colesterol (COL) e os fosfolípidios (FL). Em sua maioria, os TAG são armazenados nos adipócitos localizados, principalmente, no tecido subcutâneo (WILLIAMS, 2002). Os TAG, em resposta ao exercício físico, são hidrolisados em ácidos graxos livres (AGL) e glicerol. Os AGL são encaminhados ao músculo esquelético (ME) para que possam, por sua vez, colaborar para formação de adenosina trifosfato (ATP) para manutenção da contração muscular. Contudo, os AGL são, do ponto de vista molecular, considerados grandes moléculas (16 carbonos) e, por isso, sua oxidação pode ser mais lenta em comparação à molécula de glicose, que possui apenas 6 carbonos.

A alimentação de um atleta é diferenciada dos demais indivíduos em função do gasto energético relevantemente elevado e da necessidade de nutrientes que varia de acordo com o tipo de atividade, da fase de treinamento e do momento de ingestão (TIRAPEGUI, 2002).

Para além disso, deve-se considerar o metabolismo dos TAG de cadeia longa (TAGCL) após a ingestão por meio da alimentação é lento, uma vez que estes são transportados por lipoproteínas chamadas de quilomicrons. Dessa forma, os TAGCL começam a aparecer no sangue após 4-5h da sua ingestão.

Assim, acredita-se que estes não sejam bons substratos para ingestão antes do exercício físico. Dessa forma, sugere-se que os TAG de cadeia média (TAGCM), por serem menores (6 a 12 carbonos), poderiam circular e entrar nos tecidos periféricos de forma mais rápida. Eles são transportados pela proteína albumina para o fígado, local onde são metabolizados em corpos cetônicos (CC). Esses, por sua vez, poderiam ser encaminhados ao ME e, portanto, serem oxidados para formação de energia. Entretanto, a utilização de substratos energéticos dependerá do tipo, intensidade e duração do exercício físico; logo, não outros fatores determinam o substrato energético que será utilizado pelo ME. Além disso, o estoque energético prévio (glicogênio muscular) determinará a eficiência oxidativa, demonstrando que diversos e complexos fatores regulam a oxidação de moléculas energéticas.

Nesse sentido, os triglicerídeos de cadeia média passaram a ser introduzidos na clínica e no esporte, afim de tratar disfunções na absorção de lipídios como fonte de energia, substituindo as dietas baseadas em triglicerídeos de cadeia longa (TCL), bem como melhora na capacidade cognitiva e melhora no desempenho de atletas em provas de resistência (BELFORT, 2016). Muitos estudos foram desenvolvidos e destacam-se os estudos de Jeukendrup et al. (1995), onde submeteram oito ciclistas bem treinados a quatro estímulos. Ao final do estudo, observou-se que uma quantidade maior de TCM foi oxidada quando ingerida em combinação com CBO, confirmando a hipótese de que os TCM podem ser usados como fonte de energia, em combinação com a glicose, durante o exercício, já que a disponibilidade metabólica dos mesmos foi maior durante a última hora de exercício, com taxas de oxidação chegando a 70% da taxa de ingestão.

Ainda com o objetivo de verificar a taxa de oxidação dos TCM, Jeukendrup et al. (1996) realizaram um estudo semelhante, no qual oito atletas de elite foram submetidos a quatro sessões de 90min de exercício em bicicleta ergométrica. Os atletas consumiram duas soluções, antes e durante o exercício, uma contendo somente CBO (15%) e outra, CBO + TCM. Embora a oxidação total de lipídios tenha aumentado marcadamente, a oxidação de TCM aumentou marginalmente, com uma contribuição pequena ao dispêndio energético total, em torno de 6 - 8%. O conflito de resultados encontrado nessas duas pesquisas talvez possa ser explicado pelo fato de o tempo dos estímulos ter sido significativamente diferente (90 e 180 minutos). Dessa forma, parece plausível pensar que, em estímulos mais longos e em combinação com

outros nutrientes, maiores quantidades de TCM passariam a ser oxidadas, o que também foi evidenciado com as pesquisas ora realizadas. Logo, como os estudos que avaliaram os efeitos do TCM sobre o desempenho são antigos, a presente revisão se justifica, na tentativa de checar se há novos estudos que analisaram os efeitos da suplementação de TCM sobre o desempenho esportivo e, se por essas novas evidências, é possível modificar o que já se sabe sobre o assunto, isto é, a suplementação de TCM não melhora o desempenho esportivo.

## **2 OBJETIVO**

Verificar se a suplementação dos triacilglicerídeos de cadeia média é capaz de melhorar o desempenho esportivo de sujeitos adultos saudáveis.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa se trata de uma revisão integrativa, pois, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema, disponibilizando um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada (SAMPAIO E MANCINI, 2006).

Apresentar-se-á uma breve descrição dos TCM, metabolismo e oxidação e destino dos TCM no organismo. Posteriormente, analisamos o efeito da suplementação de TCM sobre o desempenho esportivo, nos exercícios e a relação entre os artigos encontrados e a evidencição dos resultados como positivas ou negativas quando ligadas ao desempenho. A elaboração desta revisão literária foi adotada a metodologia de pesquisa bibliográfica, que é baseada na análise de literatura já publicada em forma de livros, revistas, publicações avulsas, imprensa e eletrônicos. A base de dados consultada foi o MEDLINE/PubMed, bem como a literatura cinzenta pelo Google Acadêmico. O período de consulta considerou os artigos publicados até o presente momento (junho de 2020), exclusivamente de artigos na língua inglesa e, apesar do viés de seleção nesse tipo de busca, pode-se constatar que revisões anteriores seguiram o mesmo padrão de pesquisa.

A busca foi realizada utilizando os seguintes descritores: nutrição (*nutrition*), dietoterapia (*nutrition therapy*); triglicerídeos de cadeia média (TCM) (*medium chain triglyceride*), desempenho (*performance*), esporte (*sport*). Para a relação dos descritores foram utilizados os operadores booleanos “OR” e “AND”, com o objetivo de localizar uniões e intersecções de termos, ampliando ou especificando a informação desejada.

## 4 RESULTADOS

Na presente revisão pode-se encontrar 15 estudos, totalizando 153 sujeitos avaliados (129 homens e 24 mulheres). Destes, 06 foram submetidos à suplementação de TCM isolada e 09 foram submetidos à suplementação de TCM em conjunto com CHO. Dos 15 estudos encontrados 4 não observaram que o TCM é superior aos CHO no desempenho esportivo; 0 observaram que o TCM teve efeitos neutros sobre o desempenho esportivo e 11 observaram que o CHO foi superior em relação ao desempenho esportivo. A amostra avaliada foi composta por sujeitos com média de 33 anos. Na tabela 1 pode-se verificar, em detalhes, os estudos encontrados na presente busca com relação aos estudos que não apresentaram resultados positivos e estudos que obtiveram resultados positivos.

**Tabela 1.** Efeitos da suplementação de Triacilglicerol de cadeia média sobre o desempenho esportivo

Autor/ano	Tipo de estudo	Tipo de amostra	Intervenção	Controle	Tempo de intervenção	Tempo e tipo de teste	Parâmetros de desempenho
Décombaz et al., 1983	Ensaio randomizado, duplo cego e cross over.	12 homens, na Suíça 17-19 anos 69 ± 2kg.	25g TCM trioctanoato	50g CHO (maltodextrina).	Agudo - 1 hora antes do exercício	1 hora 60% VO <sub>2max</sub> ; Cicloergometro; Washout 14 dias.	↓ [ ] glicogênio em cerca 55%. ↔ Oxição de CHO durante o exercício. ↑ Contribuição de lipídios em média de 12 a 27% no exercício, mas a fonte predominante foi CHO.
Massicotte et al., 1992	Ensaio randomizado, controlado, cross over.	6 homens, no Canadá. 20-26 anos; 69,5 ± 7,2 kg; 173,1 ± 6,6 cm.	25g TCM trioctanoato isolado 57 g glicose.	Água.	Agudo – TCM 1 hora antes e glicose durante (dividida em oito a cada 15 minutos).	2 horas 65 ± 3 % VO <sub>2max</sub> ; 5 períodos; Cicloergômetro; Washout 7 dias.	↑ Oxição de TCM exógeno correspondendo a 54% do total ingerido. ↑ Taxa de oxição foi > durante a 2° hora, sendo apenas 1/3 da quantidade total de TCM (4,1 de 13,6g) e glicose (12,5 de 36,4g) foi oxidado durante a 1° hora. Não contribuíram para a redução da utilização endógena de CHO. VO <sub>2max</sub> foi relativamente constante assim como a intensidade que permaneceu em aproximadamente 57% VO <sub>2max</sub> , ↔ entre os ensaios. ↑ linear da oxição do TCM no ensaio TCM Durante 2° hora (60-120 minutos) 76,71 e 33% respectivamente do TCM ingerido foi oxidado. ↑ oxição de CHO da 2° para 3° hora; ↔ gasto energético entre eles. ↑ Utilização endógena gordura da 2° para 3° hora, mas foi significativamente reduzida no período de ensaios contendo CHO.
Jeukendrup et al., 1995	Ensaio randomizado, duplo cego, controlado e cross over.	8 homens ciclistas ou triatletas, nos Países Baixos. 28,8 ± 3,8 anos; 72,5 ± 1,7kg; 181,3 ± 2,3cm.	70% CHO + 30%TCM (149 g +29 g) 100%TCM (29g) 77%HCHO+23%TCM (214g+29g) CHO: tapioca – glicose de cadeia longa TCM: puro	15% CHO (214g).	Agudo – 4 mL/kg no início e a cada 20 min 2 mL/kg.	180 minutos a 50% VO <sub>2max</sub> (64,7 +/- 2,2 mL/kg); 4 ensaios; Cicloergômetro; Washout 7 dias.	

Jeukendrup et al., 1996	Ensaio randomizado, controlado, duplo cego e cross over.	8 homens atletas de elite, nos Países Baixos. 28,9 ± 2,5 anos; 77,9 ± 3,0 kgs.	87,1g CHO (tapioca – glicose de cadeia longa) + 26,6g TCM puro octanoato	146g CHO: tapioca – glicose de cadeia longa.	Agudo - 90 minutos a 50% VO <sub>2max</sub> (aproximadamente 57% VO <sub>2max</sub> ); 4 ciclos; Cicloergômetro; Washout 7 dias.	VO <sub>2max</sub> foi relativamente constante ↔ entre os ensaios. ↑ Gradual da oxidação exógena TCM ao longo do tempo, onde a taxa máxima de oxidação foi no final (90minutos) sendo de 0,15g/min LG e 0,13g/min HG. ↔ Gasto energético nos 4. ↑ Utilização total de CHO acima 90 minutos
Jeukendrup et al., 1996	Ensaio randomizado, controlado, duplo cego e cross over.	9 homens, nos Países Baixos. 26 ± 5 anos; 75,7 ± 4,3 kg; 185 ± 8 cm.	15% CHO (214g) 70%CHO + 30%TCM (149g+29g) 77%HCHO + 23%TCM (214g + 29g) TCM puro octanoato CHO glicose derivado do milho.	Glicose.	Agudo - 180 minutos a 50% da taxa máxima de trabalho aeróbio (Wmax) e 57%VO <sub>2max</sub> ; 4 ciclos; Cicloergômetro; Washout 7 dias.	↑ Oxidação exógena de CHO na primeira hora e nivelou até os 90 minutos. Oxidação média CHO no período de 60-180 minutos foram de 0,79, 0,63 e 0,73 g/min, respectivamente. ↔ Gasto energético entre eles. ↓ [ ] glicogênio nos 3 ensaios do pré-exercício para o final dele
Van Zyl et al., 1996	Ensaio randomizado, cross over.	6 homens, na África do Sul. 20 ± 1 anos; 73 ± 4kg; 180 ± 3 cm.	10%CHO + 4,3% TCM 4,3 % TCM puro	10% CHO (glicose de cadeia curta).	Agudo - 2 horas a 60% aquecimento VO <sub>2max</sub> seguido de um contrarrelógio 40 km; 3 ciclos; Cicloergômetro; Washout 10 dias.	↓ Oxidação de CHO em TCM e CHO+TCM nos 90 minutos vs. CHO. Ingestão de TCM isoladamente também ↓ oxidação CHO durante o

LG: baixo glicogênio muscular  
HG: médio a alto glicogênio muscular

contrarrelógio.

Diferenças entre a taxa de oxidação total de CHO e a taxa de oxidação plasmática da glicose sugere que a ingestão de TCM reduziu os efeitos diretos e/ou indiretos da oxidação do glicogênio muscular.

Contribuições finais para a produção de energia da oxidação de CHO em CHO+TCM e TCM foram < que em CHO (P<0,01).

Coyle et al, 1997	Ensaio randomizado, cross over.	6 homens treinados em resistência, na Holanda. 22 ± 2 anos; 69,2 ± 2 kg; VO <sub>2max</sub> 72 ± 2 mL/kg/min.	3 ensaios com glicose 1,4g/kg derivada da batata: 1 infusão palmitato (AGL) 1 infusão de octanoato (TCM) 1 sem infusão. Total de ~200g	3 ensaios em jejum: 1 recebeu infusão de palmitato (AGL) 1 recebeu infusão de octanoato (TCM) 1 sem infusão.	Agudo - glicose 60 minutos e novamente 10 minutos antes.	- 40 minutos com infusão dos marcadores e mais 40 minutos sem infusão a 50% VO <sub>2max</sub> ; 6 períodos; Washout 4-7 dias.	↔ VO <sub>2max</sub> entre os 6 ensaios e estável durante 25 a 40 minutos (35,5-36,5 mL/kg/min) sendo aproximadamente 50 ± 2%. ↑ Oxidação de CHO de 24-28% (P<0,05) em glicose (palmitato e octanoato: aproximadamente 185mmol/kg/min) vs jejum (palmitato e octanoato: aproximadamente 147 mmol/kg/min). Oxidação de gorduras suprimidas em glicose. Após 40 minutos a oxidação foi de 21,1 ± 2,6 mmol/kg/min durante os 2 ensaios de Glicose, o que representou uma ↓ de 29-34% vs o jejum (palmitato aproximadamente 33 e octanoato aproximadamente 29mmol/kg/min).
Jeukendrup et al., 1998	Ensaio randomizado, controlado, cego e cross over.	7 ciclistas homens, na Holanda.	10%CHO (170 ± 6g glicose) 10%CHO (170 ± 6g glicose) + 5%TCM (85 ± 3g) 5%TCM (85 ± 3g)	PL - Placebo.	Agudo - 8ml/kg no início e a cada 15 minutos 2ml/kg.	- 2 horas a 60% VO <sub>2max</sub> seguido de um contrarrelógio de 15 minutos a 75% carga	↔ Tempo para concluir a quantidade predefinida de trabalho para CHO vs. CHO+TCM vs. PL (14,18 ± 0,57, 14,02 ± 0,32 e 14,43 ± 0,70 min). Mas, foi significativamente ↑ o tempo em

			Glicose derivada do milho.			máxima; 4 períodos; Cicloergômetro.	TCM 17,33 ± 1,10 minutos (P<0,05). Taxa média de trabalho durante o contrarrelógio foi de 17 a 18% em TCM vs. CHO e CHO+TCM. ↓ Oxidação de gorduras em CHO e CHO+TCM vs. TCM e placebo e manteve taxa de oxidação de carboidratos > 2 g/min. ↔ Oxidação oral de CHO em CHO vs. CHO+TCM. ↔ Taxa de oxidação de CHO endógeno (fígado e glicogênio muscular) em CHO vs. CHO+TCM.
Goedecke et al., 1999	Ensaio randomizado, controlado e cross over.	16 homens, na África do Sul. CON: 30 ± 9 anos, 75 ± 5 kg, 179 ± 8 cm e 12,8 ± 5%. HFD: 24 ± 3 anos, 73 ± 11 kg, 178 ± 10 cm e 7,5 ± 2%.	Dieta hiperlipídica – DH (19 ± 1% CHO, 69 ± 1% gordura e 10 ± 1% proteína). (P<0,001)	Dieta habitual (53 ± 10% CHO, 30 ± 8% gordura e 13 ± 3% proteína)	Agudo – No início ingestão de 400 mL emulsão contendo 10% glicose e a cada 20 minutos ingestão de 200 mL TCM (3,4%) + glicose (10%) até 40 minutos no contrarrelógio.	2,5 horas a 70% VO <sub>2max</sub> seguido de um contrarrelógio de 40 km; 3 testes; Cicloergômetro; Washout 5 dias.	↑ Taxa de oxidação de gordura em DH vs. CON durante a carga constante (P<0,01), aumentando de 0,67 ± 0,16 p/ 0,91 ± 0,20 g/min nos 5 dias e depois tendendo ao platô. ↓ Na taxa de oxidação total de CHO em HFD de 2,5 a 2,0 g/min na carga constante (P<0,05). ↓ Modesta na oxidação média da glicose plasmática de 0,60 ± 0,08 p/ 0,50 ± 0,12 g/min durante HFD de 15 dias. DH ↓ amplamente a oxidação de glicogênio muscular direta e indiretamente, diminuindo de 1,9 ± 0,2 para 1,1 ± 0,3 e para 1,0 ± 0,3 g/min após 10 e 15 dias (P<0,005 e P<0,001, respectivamente). Embora o desempenho tendesse a melhorar para uma maior extensão em DH vs. CON, foi incapaz de detectar um efeito significativo da

Angus et al., 2000	Ensaio randomizado, controlado, duplo cego e cross over.	8 homens, na Austrália. 22 ± 0,5 anos; 72 ± 2kg; 177 ± 1 cm; VO <sub>2max</sub> 4,71 ± 0,09 L/min.	6%CHO 6%CHO+4,3%TCM CHO – aveia, Gatorade TCM – 71% caprílico e 23% cáprico.	PL - Placebo doce.	- Agudo - 250 mL no início e mais 250 mL a cada 15 minutos até a conclusão.	Aquecimento de 5 minutos à 200W e após um contrarrelógio à 35 kJ/kg o mais rápido; Cicloergômetro.	dieta nos 40 km do contrarrelógio. ↔ VO <sub>2max</sub> em 30 e 60 min para CHO vs. CHO+TCM vs. PL equivalendo a 75 ± 1% VO <sub>2max</sub> . ↔ Taxa de oxidação de CHO nos primeiros 90 minutos aproximadamente 3,5 – 4,0 g/min em PL vs. CHO vs. CHO+TCM. Depois disso, ↓ em PL aproximadamente 2g/min (P<0,05) vs. CHO e CHO+TCM. ↑ Oxidação de gordura em PL vs. CHO vs. CHO+TCM (P<0,05). Ao final, maior taxa oxidação de gordura observada em PL aproximadamente 0,75 vs. aproximadamente 0,5 CHO vs. aproximadamente 0,6g/min CHO+TCM (P<0,05).
Horowitz et al., 2000.	Ensaio randomizado, cross over.	7 homens, nos EUA. 75,1 ± 4,0 kg.	CHO+TCM (0,72g sacarose/kg+ tricaprina/kg).	CHO (0,72g sacarose /kg).	Agudo – 1 hora antes do exercício.	2 minutos a 60% VO <sub>2max</sub> e 28 minutos a 84% VO <sub>2max</sub> ; 2 testes; Cicloergômetro; Washout 5-7 dias.	↔ VO <sub>2</sub> CHO vs. CHO+TCM (3,85 ± 0,22 e 3,86 ± 0,24 L/min, respectivamente). Oxidação de CHO manteve-se igualmente alta durante todo o exercício em CHO e CHO+TCM (360 ± 15 e 364 ± 17 mmol/kg/min, respectivamente). ↔ Oxidação de gorduras CHO vs. CHO+TCM (1,5 ± 0,8 vs. 1,2 ± 0,9 mmol/kg/min, respectivamente). ↓ [ ] glicogênio muscular não foi diferente para CHO vs. CHO+TCM (38,8 ± 4,0 e 42 ± 4,6 mmol/kg de peso seco, respectivamente). Os 2 métodos concordam que utilização

de glicogênio foi  $\leftrightarrow$  CHO + TCM vs. CHO.

Vistisen et al., 2003	Ensaio randomizado, controlado, cross over.	7 homens bem treinados, na Dinamarca. 29 $\pm$ 1,5 anos; 74,1 $\pm$ 2,9 kg; VO <sub>2max</sub> 4,85 $\pm$ 0,22 L/min.	2,4 g/kg CHO + 1,5 g/kg TCM – 38,3% caprílico, 2,6% palmítico, 1,8% esteárico, 14% oleico, 42,6% linoleico e 0,3% linolênico. Ingestão total de 93-128g triacilglicerol, sendo 30g de caprílico.	2,4g/kg CHO (maltodextrina).	Agudo - 400 mL antes e a cada 15 minutos 200 mL.	3 horas a 55% VO <sub>2max</sub> ; descanso de 5 minutos seguido de contra-relógio a 800 kj de 50 minutos; 2 testes; Cicloergômetro; Washout 4-7 dias.	Absorção oxigênio nas 3 horas teve média de 2,6 – 2,8 L/min em CHO vs. CHO+TCM.
Nosaka et al., 2009	Ensaio randomizado, duplo cego e cross over.	1 homem e 7 mulheres, no Japão. 21 – 28 anos.	Refeição TCM – 14,4g gordura sendo 6g TCM TCM: 74% de caprílico e 26% cápricos.	Refeição TCL – 14,4g gordura sendo 6g TCL.  TCL: Triacilglicerol de cadeia longa.	Crônico – 14 dias.	Aquecimento de 5 min à 40W, iniciaram o exercício a 60% VO <sub>2max</sub> por 40 min. Em seguida, aumentada para 80% VO <sub>2max</sub> até exaustão; Cicloergômetro; Washout 14 dias.	$\leftrightarrow$ VO <sub>2</sub> em TCM vs. TCL aproximadamente 2L/min a 60% e aproximadamente 1L/min a 80%.
Byars et al., 2010	Ensaio randomizado, controlado, duplo cego e cross over.	29 adultos, 20 homens e 9 mulheres nos EUA. Homens – 25,15 $\pm$ 2,43 anos; 180,73 $\pm$ 7,73 cm; 84,26 $\pm$ 15,73 kg; 25,79 $\pm$ 4,42 kg/m <sup>2</sup> . Mulheres – 21,00 $\pm$ 1,73 anos;	PRX (14g/porção de frutose, TCM e aminoácidos misturados água)  PRX: Bebidas esportivas pré-exercício.	PL - Placebo.	Agudo - 30 minutos antes.	1 hora; 2 testes em esforço máximo; esteira; Washout 7 dias.	Diferença média significativa de VO <sub>2max</sub> entre PRX vs. PL (50,49 $\pm$ 10,02 e 48,49 $\pm$ 9,91ml/kg/min, respectivamente) para o grupo total (P=0,007) que não foi afetado pelo sexo (P>0,05). Diferença médias significativas no tempo entre PRX vs. PL (11,74 $\pm$ 1,72 e 11,44 $\pm$ 1,65 min, respectivamente) para todos os sujeitos (P=0,034) e não foi afetado pelo sexo (P>0,05).

166,29 ± 4,21 cm;  
 68,02 ± 12,75 kg;  
 24,75 ± 5,74  
 kg/m<sup>2</sup>.  
 Média total –  
 21,73 ± 2,73 anos;  
 176,24 ± 9,58 cm;  
 79,23 ± 16,52 kg;  
 25,47 ± 4,79  
 kg/m<sup>2</sup>.

Nosaka et al., 2018	Ensaio randomizado, duplo cego e cross over.	8 mulheres, no Japão. 20-24 anos; 57,3 ± 7,2 kg; 159 ± 8,3 cm; 22,7 ± 2,1 kg/m <sup>2</sup> ; VO <sub>2max</sub> 40,1 ± 4,3 mL/kg/min.	67,6g CHO+6g TCM TCM puro – ácidos graxos caprílicos e caprichos. CHO – maltodextrina.	83,1g CHO.	Crônico - 13 dias e realizaram o teste no 14° dia após jejum noturno.	Aquecimento de 5 minutos, após 50% VO <sub>2max</sub> por 40 minutos e depois 70% VO <sub>2max</sub> até exaustão; Cicloergômetro; Washout 14 dias.	Depois das 2 semanas ↔ VO <sub>2</sub> CHO + TCM vs. CHO ~ 1,8 L/min. VO <sub>2max</sub> foi ↑ CHO+TCM vs. CHO (23,5 ± 19,4 e 17,6 ± 16,1 minutos, respectivamente) (P<0,05). Taxa de oxidação de gordura a 70% VO <sub>2max</sub> foi significativamente > em CHO+TCM vs. CHO 352 ± 95,8 e 257 ± 109 mg/minutos, respectivamente) (P<0,05).
------------------------	---	---	--	---------------	--	--	---

**Legenda:** CHO – Carboidrato; DH – Dieta Hiperlipídica; EUA – Estados Unidos da América; HCHO – Hight (alto) carboidrato; HG – Médio a alto glicogênio muscular; LG: baixo glicogênio muscular; PL – Placebo; TCL - Triacilglicerol de cadeia longa; TCM – Triacilglicerol de cadeia média ou Trioctanoato; VO<sub>2max</sub> - consumo máximo de oxigênio; PRX – Bebida esportiva pré-exercício; W<sub>max</sub> – Taxa máxima de trabalho aeróbico.

## 5 DISCUSSÃO

Melhorar o desempenho esportivo de esportistas e atleta de alto rendimento tem sido objetivo de pesquisa de muitos cientistas no mundo. Os recursos ergogênicos, portanto, são frequentemente utilizados, dentre eles, os nutricionais, contemplando a suplementação de nutrientes isolados, cuja premissa teórica permite sugerir que haverá mudanças na utilização de substratos energéticos e, por conseguinte, contribuir para melhora do rendimento esportivo. Uma delas é suplementação com lipídios, por meio do consumo de triglicerídeos de cadeia média ou de dietas ricas em lipídios nos dias dos treinos. Muitos estudos foram e são desenvolvidos a respeito da utilização de suplementação com triglicerídeos, o que causa grande discussão na comunidade acadêmica, uma vez que os resultados são distintos e conflitantes.

É plausível inicialmente salientar que os ácidos graxos (AG) saturados são constituídos por 06 a 12 átomos de carbono, são considerados ácidos graxos de cadeia média (AGCM) e são utilizados na forma de triglicerídeos de cadeia média que, comparados aos triglicerídeos de cadeia longa (TCL), com 14 ou mais átomos de carbono, apresentam características biológicas e físico-químicas específicas (COLLEONE, 2002).

Nas dietas tradicionais, os TCM representam menos de 5% do total de triglicerídeos, uma vez que os TCL, presentes na maioria dos óleos vegetais, gordura animal, gordura do leite e óleos de peixes, constituem mais de 95% do total dos lipídeos consumidos (RUPPIN & MIDDLETON, 2002). Por isso, os TCM isolados são sintetizados e encontrados comercialmente como óleo de TCM, com uma composição aproximada de 55% de ác. caprílico (C8:0), 42% de ác. cáprico (C10:0), 2% de ác. capróico (C6:0) e 1% de ác. láurico (C12:0) (COLLEONE, 2002). Ainda, nos dias atuais, o óleo de coco (OC) é comumente utilizado para obter TCM; entretanto, apenas ~65% do OC é composto por TCM, dificultando a obtenção desse lipídeo em quantidades relevantes, haja vista a necessidade de se ingerir grandes quantidades de gordura total.

Os TCM são estáveis, rapidamente absorvidos para fornecer energia, transportados via sistema porta e metabolizados tão rapidamente quanto a glicose, sendo oxidados como um combustível na mitocôndria por um sistema independente de carnitina. Eles podem ser transportados pela veia porta sem hidrólise e reesterificação porque são relativamente solúveis em água (AKOH, 1995).

Os TCM percorrem uma via metabólica mais simples, o que, em última análise, irá proporcionar benefícios. Tais fatores conferem as seguintes vantagens (CARNIELLI et al., 1994): (i) são hidrolisados (digeridos) mais rápida e completamente em ácidos graxos de cadeia média (AGCM) na luz intestinal; (ii) a presença de bile na luz intestinal não é necessária para que ocorra a sua absorção; (iii) podem ser absorvidos na sua forma intacta pelo intestino delgado e são completamente hidrolisados nas células da mucosa intestinal; (iv) são mais facilmente absorvidos pelo intestino delgado, quando comparados aos TCL; (v) os AGCM derivados, são transportados pela veia porta e não pelo sistema linfático intestinal; (vi) sua absorção não envolve a formação de quilomicrons e são mais rapidamente oxidados do que os AGCL (CARNIELLI et al., 1994).

Além das características absorptivas e digestivas superiores dos TCM, a oxidação que ocorre na mitocôndria é mais rápida e é menos provável seu depósito nos adipócitos. Após a oxidação, no fígado, dos AGCM, há uma produção de cetona de forma mais pronunciada do que em relação aos TCL. Desta maneira, sugere-se que a musculatura esquelética pode utilizar cetona como fonte energética mais facilmente e, portanto, poupar a oxidação de aminoácidos de cadeia ramificada e, sobretudo, de glicogênio muscular (efeito poupador de glicogênio) reduzindo conseqüentemente o catabolismo proteico e aumentando o desempenho esportivo (BACH et al., 1996).

Com relação ao processamento dos TCM, MCardle (1999) e Berning (1996) analisaram que os TCM, ricos em AGCM, são hidrolisados por ação da lipase pancreática, sendo absorvidos no duodeno mais rapidamente do que os AGCL. Os AGCM constituem uma fonte rápida de energia, pois, ao contrário dos AGCL, não são significativamente incorporados em lipoproteínas (quilomicrons e VLDL), sendo absorvidos diretamente na corrente sanguínea. A velocidade de absorção dos AGCM no intestino é similar à da glicose. Após passar pelos enterócitos, esses AG atingem a circulação portal, sendo transportados ao fígado ligados à albumina. A ligação da albumina aos AGCM é mais fraca do que aos AGCL. Por outro lado, parte dos AGCM é também diretamente solubilizada na fração aquosa do plasma (BERNING, 1996; MCARDLE, 1999).

Oliveira (2002) contribui, destacando que a ingestão elevada de AGCM conduz a incorporação intracelular significativa desses lipídeos nos quilomicrons, sob a forma de TG ressinetizados. Essa incorporação, no entanto, parece depender da

quantidade consumida e da distribuição dos AGCM nos TG ingeridos. Entretanto, a quantidade de quilomícrons produzida quando ocorre alto consumo de TG ricos em AGCM é de aproximadamente 1/5 da verificada em pacientes com consumo elevado de TG ricos em AGCL, sugerindo que a incorporação dos AGCM em quilomícrons não é a via mais favorável na absorção (OLIVEIRA, 2002).

Hirata (2002), por sua vez, explica que o transporte dos lipídios no organismo é geralmente descrito em duas vias metabólicas: a exógena e a endógena. A via exógena representa o transporte dos lipídios provenientes da dieta, do intestino para o fígado. A via endógena descreve o transporte das lipoproteínas sintetizadas nos hepatócitos, do fígado para os tecidos periféricos. Na fase pós-absortiva, os AGCM têm seu transporte facilitado no plasma, por ligação à albumina e, pela veia porta, alcançam o fígado rapidamente (HIRATA, 2002).

Colleone et al. (2002) explicam que a oxidação dos AGCM ocorre nas mitocôndrias em todos os tecidos, muito embora, grande maioria é oxidada no fígado, haja vista que é de sua responsabilidade a captação de 80 a 100% dos AGCM no período pós-absortivo. Desse modo, a taxa de oxidação dos AGCM é maior e mais rápida que dos AGCL e, mesmo em condições como a obesidade, em que há desregulação das vias de oxidação, observa-se preferência na oxidação dos AGCM em relação aos AGCL. Os autores ainda completam discorrendo que uma das propriedades mais importantes dos AGCM é seu caráter cetogênico, uma vez que uma parte significativa do Acetil-CoA produzido abundantemente durante a oxidação dos AGCM é direcionada para a produção de corpos cetônicos. Uma única dose oral de 45 a 100g de TCM, fornecida a indivíduos saudáveis, eleva as concentrações plasmáticas de corpos cetônicos a 7.000umol/L no intervalo de uma a duas horas. Esses valores são de duas a quatro vezes mais elevados do que os observados em indivíduos alimentados com dietas ricas em TCL. Assim, as concentrações plasmáticas de corpos cetônicos em indivíduos saudáveis são de 150umol/L, após 48h de jejum são de 25.500 e, em indivíduos diabéticos descompensados, ficam acima de 10.000 (COLLEONE et al., 2002).

Desta forma, a suplementação de TCM visa otimizar a utilização dos AGCM, em especial, na forma de corpos cetônicos, como fonte de energia e poupar as reservas endógenas de glicogênio para treinamentos e estágios finais da competição. Sugere-se, portanto, que a capacidade de sustentar o exercício pode ser prolongada se a oferta de lipídios for aumentada (MCARDLE, 1999).

Nesse sentido, os experimentos com TCM no desempenho esportivo partem da premissa teórica de efeito poupador do glicogênio muscular. Entretanto, apesar da notoriedade que vem sendo dada a essa suplementação nos dias atuais, os experimentos com TCM no exercício físico são feitos desde a década de 90.

Massicotte et al. (1992) compararam o efeito da ingestão de uma solução de TCM ao de uma de glicose, em seres humanos, antes da realização de uma sessão de exercício prolongado (120 min), realizado em ciclo ergômetro a 65% do VO<sub>2</sub>máx. Após a determinação da taxa de oxidação dos diferentes substratos, foi comprovado que ambos contribuíram de forma semelhante para a geração de energia durante o exercício. Tanto a ingestão de carboidrato como a de TCM aboliram a queda da glicemia que normalmente é observada em atividades de longa duração. A manutenção da glicemia atenuou a redução da insulina bem como o aumento de seus contra-reguladores (adrenalina e glucagon). Segundo esses autores<sup>37</sup>, o ajuste hormonal teria dificultado a participação do ácido graxo endógeno na geração de energia, impedindo, dessa forma, a promoção do efeito poupador de glicogênio.

Apesar dos resultados contraditórios no exercício físico, seu uso é amplamente realizado em hospitais, em pacientes em tratamento de disfunções na absorção de lipídios como fonte de energia, substituindo as dietas baseadas em TCL, cujo mecanismo digestivo e absorptivo é mais complexo e oneroso ao paciente, bem como melhora na capacidade cognitiva em doenças neurodegenerativas (PETERSEN et al., 1999).

O mecanismo de ação é pautado, como citado anteriormente, como poupador de glicogênio muscular. Logo, em exercícios de longa duração, em que essa fonte de energia parece limitar o êxito da prática, torna-se racional o seu uso. A ingestão de TCM, favorece, dessa maneira, o aumento da oxidação lipídica, com o aumento do número de mitocôndrias e da concentração e atividade enzimática da  $\beta$ -oxidação, do ciclo do ácido cítrico e no transporte de elétrons, aumento da síntese de Acil-CoA, lipoproteína lipase (LPL), carnitina palmitoil transferase (CPT) 1 e 2, aumento dos estoques de triglicerídeos intramusculares o que, dessa maneira, proporciona maior proximidade dos ácidos graxos dos seus sítios de oxidação, aumentando a oxidação dos mesmos (BIESEK et al., 2015; TSAI et al., 2014). Ainda, aumentar o uso de gordura como fonte de energia, favorece o aumento da captação de ácidos graxos livres (AGL) pelas células musculares e transporte no sarcoplasma, melhora na capacidade cardiovascular, associada ao aumento da vascularização, que aumenta o

fluxo de oxigênio necessários para as células musculares para a oxidação dos ácidos graxos e o próprio fornecimento destes para a oxidação pelas células (BIESEK et al., 2015).

Na presente revisão, diversos estudos foram considerados, dessa maneira é pertinente observar que: (i) os estudos encontrados são antigos, uma vez que a construção das evidências científicas disponíveis demonstram que não há efeito positivo da suplementação aguda de TCM sobre o desempenho; (ii) os TCM geram diversos desconfortos gastrintestinais, o que pode justificar a dificuldade de extrapolação dos dados à prática clínica (validade externa). Abaixo, serão discutidos os estudos que foram encontrados e incluídos na presente revisão.

Jeukendrup et al. (1996) realizaram um ensaio randomizado, duplo cego, controlado e crossover, onde os autores analisaram oito homens atletas de elite. Foram realizados para cada indivíduo quatro ensaios experimentais no cicloergômetro (2 com baixo conteúdo de glicogênio muscular e dois com elevado conteúdo de glicogênio muscular) separados por pelo menos 7 dias. Contudo, os autores não verificaram diferenças significativas no  $VO_{2max}$  entre os grupos em exercício físico feito a 57% da intensidade máxima.

Em um outro estudo de Jeukendrup et al. (1996), um ensaio randomizado, controlado, duplo cego e cross over, os autores analisaram nove homens. Foram realizados quatro ciclos, no cicloergômetro com separação de sete dias entre eles. No entanto, o  $VO_{2max}$  não diferiu entre os estudos, mantendo em uma taxa constante de 57%. Indo ao encontro dos resultados supracitados, Coyle et al. (1997) avaliaram em um ensaio randomizado, cross over e controlado, 6 homens treinados. Foram realizados no estudo 6 diferentes condições com um período de 4-7 dias de separação entre eles. O exercício físico foi feito por 80 minutos, sendo 40 minutos com infusão de AGCL ou AGCM e mais 40 minutos sem infusão a 50% do  $VO_{2max}$ . Posteriormente, três ensaios foram realizados em jejum, com a mesma infusão de AGCM e AGCL. Não observaram diferença no desempenho nos seis testes realizados.

Horowitz et al. (2000) realizaram um ensaio randomizado, cross over e controlado, onde os autores analisaram 7 homens ciclistas. Foram realizados dois testes experimentais para cada, sendo 2 minutos. Os voluntários ingeriram 0,36g/kg de TCM + 0,72g/kg de CHO vs 0,72g/kg CHO isolado de forma aguda uma hora antes do exercício. Os autores não observaram diferença no  $VO_{2max}$  entre os grupos avaliados.

Nosaka et al. (2009), por sua vez, desenvolveram um ensaio randomizado, duplo cego, controlado e cross over, os autores analisaram 7 mulheres e 1 homem (21-28 anos). Os voluntários ingeriram refeição TCM vs. refeição TCL de forma crônica por 14 dias. Os resultados do  $VO_{2max}$  foram semelhantes de 2L/min a 60% e aproximadamente 1L/min a 80% do  $VO_{2max}$ . O mesmo em Nosaka et al. (2018) um ensaio randomizado, duplo cego, controlado e cross over, onde os autores analisaram 8 mulheres. Dois testes experimentais no cicloergômetro foram realizados a 50% do  $VO_{2max}$  por 40 minutos e depois 70% até exaustão, com washout de 14 dias entre eles. Entretanto, após as 2 semanas analisadas o  $VO_{2max}$  não diferiu entre TCM+CHO vs. CHO sendo, aproximadamente, 1,8L/min.

Com relação aos estudos que verificaram efeitos de melhoria no desempenho, vemos em Van Zyl et al. (1996) um ensaio randomizado e controlado, os autores analisaram seis homens ciclistas treinados em endurance). Foram realizados para cada indivíduo 3 ensaios experimentais aleatórios no cicloergômetro em um passeio de 2 horas seguido de um contrarrelógio de 40 km com washout de 10 dias entre eles. Os autores verificaram que o  $VO_{2max}$  foi superior no grupo que ingeriu TCM+CHO (79%) vs. CHO (77%) vs. TCM isoladamente (71%), em exercício realizado acima de 70% do  $VO_{2max}$ .

Em Massicotte et al. (1992) um ensaio randomizado, controlado e cross over, foram analisados seis homens saudáveis. Os autores observaram que houve um aumento na oxidação de glicose exógena correspondendo a 64% do total ingerido ( $36,4 \pm 8,2$ g glicose) e também da oxidação de TCM exógeno de 54% do total ingerido ( $13,6 \pm 3,5$ g TCM) durante as 2 horas. No entanto, nenhum dos ensaios contribuíram para a redução da utilização endógena de CHO.

Jeukendrup et al. (1995) verificaram que o TCM não melhorou o  $VO_2$  em comparação a CHO. Contudo, na análise da oxidação de carboidratos houve um aumento na 2ª para 3ª hora em CHO isolado. Contudo, na última hora quantidades semelhantes de TCM foram oxidadas entre os ensaios correspondendo a cerca de 69 - 71% da quantidade ingerida, com a contribuição dos TCMs exógenos.

Apesar de em Jeukendrup et al. (1996) o TCM não ter melhorado o  $VO_2$  comparado ao CHO, houve um aumento gradual da oxidação exógena de TCM ao longo do tempo. No segundo estudo de Jeukendrup et al. (1996) também verificaram que o TCM não melhorou o  $VO_2$ . Entretanto, a oxidação exógena de CHO aumentou durante a primeira hora nos três ensaios e estabilizou durante os 90 minutos finais.

No final, as taxas de oxidação exógena de CHO foram de 0,89 no grupo CHO vs. 0,73 no grupo CHO+TCM vs. 0,91 g/minuto no grupo HCHO + TCM. Esses níveis de glicogênio no músculo, diminuíram significativamente em todos os ensaios caindo para  $277 \pm 14$ ,  $249 \pm 20$  e  $240 \pm 18$  mmol de glicose/kg de peso respectivamente. Todavia, a glicogenólise muscular não diferiu entre os grupos.

Além da diferença no  $VO_{2\text{máx}}$  entre CHO + TCM vs. CHO vs. TCM em Van Zyl et al. (1996), os autores sugerem que as diferenças encontradas entre a taxa de oxidação total de CHO e a de oxidação plasmática de glicose, a ingestão de TCM fez com que reduzisse os efeitos diretos e/ou indiretos da oxidação do glicogênio muscular. Entretanto, não houve aumento significativo na diferença da porcentagem de energia advinda da oxidação de CHO após ingestão de CHO ou de TCM + CHO. Além de não ter encontrado diferenças no  $VO_2$  entre os seis ensaios em Coyle et al. (1997), os autores notaram que a oxidação de gorduras foi suprimida nos testes com glicose. Entretanto, houve um aumento da oxidação de CHO de 24 - 28% ( $p < 0,05$ ) em glicose e no jejum (palmitato e octanoato: aproximadamente 185 mmol/kg/min vs. palmitato e octanoato: aproximadamente 147 mmol/kg/min, respectivamente). Após quarenta minutos de exercício, a oxidação foi de  $21,1 \pm 2,6$  mmol/kg/min durante os dois ensaios de Glicose, o que representou uma diminuição de 29 - 34% vs. no jejum (palmitato aproximadamente 33 e octanoato aproximadamente 29mmol/kg/min).

Jeukendrup et al. (1998) em um estudo randomizado, controlado, cego e cross over, analisaram sete homens ciclistas bem treinados. Além disso, os autores observaram que não houve diferença no tempo para concluir a quantidade predefinida de trabalho em CHO vs. CHO+TCM vs. PL ( $14,18 \pm 0,57$ ,  $14,02 \pm 0,32$  e  $14,43 \pm 0,70$  min), mas em TCM o tempo foi significativamente ( $P < 0,05$ ) maior ( $17,33 \pm 1,10$  minutos). A taxa média de trabalho medida durante o contrarrelógio foi de 17 a 18 % em TCM vs. CHO e CHO + TCM. Contudo, houve uma diminuição na oxidação de gorduras em CHO e CHO + TCM vs. TCM e placebo. A taxa de oxidação de CHO foi mantida, sendo maior que 2g/min. Entretanto, sem a ingestão desse substrato a taxa de oxidação de CHO diminuiu para 1,5g/min. não foram observadas diferenças na oxidação de carboidratos ou gorduras entre os testes.

No estudo de Goedecke et al. (1999) randomizado, controlado e cross over, foram analisados dezesseis homens sendo divididos em dois grupos: controle e HFD. A taxa média de oxidação de gorduras em CON permaneceu inalterado em cerca de 0,60g/min e foi significativamente menor. Entretanto, a taxa de oxidação total de CHO

em dieta rica em gordura diminuiu de 2,5 para 2,0g/min na carga constante ( $p < 0,05$ ). Houve também uma modesta diminuição na oxidação média da glicose plasmática de  $0,60 \pm 0,08$  para  $0,50 \pm 0,12$  g/min durante os 15 dias e uma diminuição da oxidação de glicogênio muscular direta e indiretamente, diminuindo de  $1,9 \pm 0,2$  para  $1,1 \pm 0,3$  e para  $1,0 \pm 0,3$  g/min após 10 e 15 dias ( $p < 0,005$  e  $p < 0,001$ ), respectivamente, os autores foram incapazes de detectar um efeito significativo da dieta nos 40 km do contrarrelógio.

Horowitz et al. (2000) além de também não encontrou diferenças na oxidação de gorduras ( $1,5 \pm 0,8$  vs.  $1,2 \pm 0,9$  mmol/kg/min, respectivamente). Além disso, a oxidação de CHO manteve-se igualmente alta durante todo o exercício em. Entretanto, a diminuição da concentração de glicogênio muscular não foi diferente ( $38,8 \pm 4,0$  e  $42 \pm 4,6$  mmol/kg de peso seco), respectivamente. Houve também uma semelhança na oxidação de CHO e glicose durante o exercício em CHO + TCM, onde a taxa mínima de oxidação de glicogênio muscular também permaneceu semelhante em CHO vs. TCM+CHO ( $329 \pm 15$  vs.  $331 \pm 18$  mmol/kg/min, respectivamente). Notou-se a concordância entre os dois métodos que a utilização de glicogênio não foi diferente entre CHO + TCM vs. CHO.

No ensaio randomizado, controlado e cross over de Vistisen et al. (2003) com sete homens bem treinados ( $29 \pm 1,5$  anos;  $74,1 \pm 2,9$  kg) realizaram dois testes de 3 horas a 55% do  $VO_{2m\acute{a}x}$  com um descanso de 5 minutos seguido de um contrarrelógio a 800kj de 50 minutos, no cicloergômetro com um washout de 4 - 7 dias entre eles.

Nosaka et al. (2009) observaram que não houve diferença significativa em  $VO_2$  nas refeições TCM vs. TCL. Contudo, na análise da oxidação de CHO, a taxa na refeição TCM foi ligeiramente menor (2600mg/min, aproximadamente) vs. TCL (2700mg/min, aproximadamente). Entretanto, a taxa de oxidação de gordura foi consistentemente maior em TCM (170 mg/min, aproximadamente) vs. TCL (99 mg/min, aproximadamente). Nosaka et al. (2018) também observaram não haver diferença no  $VO_2$  entre os ensaios. Foi observado também que o tempo de exercício até a exaustão a 70% do  $VO_{2m\acute{a}x}$  foi maior em CHO + TCM ( $23,5 \pm 19,4$  minutos) vs. CHO ( $17,6 \pm 6,1$  minutos) ( $p < 0,05$ ).

É possível, portanto, observar que a maioria dos estudos não observou melhora do desempenho esportivo e, apesar da hipótese de poupar glicogênio tenha sido estabelecida, poucos foram os estudos que visualizaram esse efeito. Logo, por hora,

de acordo com o as evidências científicas disponíveis, não se observa vantagem na suplementação de TCM em detrimento de carboidratos.

Desse modo, a evolução experimentada nas últimas décadas nas áreas de pesquisas relacionadas ao esporte tem trazido contribuições significativas para o aumento do desempenho de atletas, tal preocupação é importante pois busca-se compreender melhor o processamento de nutrientes e também a resposta do corpo humano a tais estímulos e administrações controladas.

Esse estudo enfatiza que, não há subsídio científico para nutricionistas prescreverem TCM para melhora do desempenho esportivo de esportistas ou atletas, outras estratégias agudas, como a ingestão de carboidratos, mostram superioridade e melhores respostas ergogênicas.

## 6 CONCLUSÃO

É possível constatar, a partir das pesquisas realizadas, que os TCM se constituem em uma fonte de energia exógena durante o exercício físico. Entretanto, os estudos que objetivaram verificar os efeitos da suplementação de TCM sobre o desempenho esportivo não apresentaram resultados positivos. Apesar da ingestão de TCM, em alguns estudos, modificar o perfil de oxidação de substratos energéticos, esse efeito não se traduz em melhora do desempenho, tampouco colabora para menor glicogenólise muscular, principal hipótese levantada para sua eficiência. Desse modo, a partir das evidências disponíveis no presente momento, o uso de TCM para melhora do desempenho esportivo, em especial, de exercícios de longa duração, limitados pelo estoque de glicogênio muscular, não encontra respaldo científico e, portanto, a prescrição não deve ser fomentada por nutricionistas esportivos.

## REFERÊNCIAS

AKOH, C.C. - **Structured lipids - enzymatic approach**. Inform., v.6, n.9, p.1055-1061, 1995.

ANGUS, Damien, J; HARGREAVES Mark; DANCEY, Jane, FEBRAIO, MARK A. **Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance**. J. Appl. Physiol. 88: 113–119, 2000.

AOKI, M.S., SEELAENDER, M.C.L. **Suplementação Lipídica Para Atividades De “Endurance”**, 2ª edição. São Paulo.

ARAÚJO AC, Soares YN. Perfil de utilização de repositores protéicos nas academias de Belém, Pará. **Revista de Nutrição Campinas**. 1999;12:5-19.

ASTRAND, P.O.; RODAHL, I K. Textbook of work physiology – **Physiological bases of exercise**. New York: McGraw-Hill, 1977.

BACH, C. A., INGENBLEEK, Y., FREY, A. **The usefulness of dietary medium-chain triglycerides in body weight control: fact or fancy?**. J. Lipid Res., Bethesda, v.37, p.708-726, 1996

BACURAU, R.F. **Nutrição e suplementação esportiva**, 2ª edição. Guarulhos, SP: Phorte Editora, 2001.

BELFORT, Leandro Augusto Rocha. **Suplementação de Triglicerídeos de Cadeia Média (TCM): Do esporte à clínica – revisão de literatura**. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/908/1/LeandroAugusto.pdf>. Acesso em: 22/05/2020

BIESEK, S., ALVES, L., A., GUERRA, I. **Estratégias de Nutrição e Suplementação no Esporte**. São Paulo: MANOLE, 2015.

BUCCI, L.R. Nutrients as ergogenic aids for sports and exercise. In: Bucci LR, editor. **Fats and ergogenics**. 1a ed. Houston: Crc Press 1993;18-20.

CARNIELLI, V.P., SULKERS, E.J., MORETTI, C., WATTIMENA, J.L.D., GOUDOEVER, J.B., DEGENHART, H.J., ZACCHELLO, F., SAUER, P.J.J. **Conversion of octanoic acid into long chain saturated fatty acids in premature infants fed a formula containing medium chain triglycerides**. Metabolism, Bethesda, v.43, n.10, p.1287-1292, 1994.

CEDDIA RB. **Perfil da perda hídrica e da ingestão de nutrientes durante o exercício e seus efeitos sobre a performance de atletas participantes de uma competição de Ironman Triathlon** [Tese de Mestrado]. Rio de Janeiro: Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

CLEMENT, J. **Digestion et absorption des triglycerides alimentaires**. J. Physiol. Paris, 1976.

COLLEONE V V. Aplicações clínicas dos ácidos graxos de cadeia média. In: Curi R, Pompéia C, Miyasaka CK, Procopio J, editores. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002:439-54.

COSTILL DL., COYLE E., DALSKY G., EVANS W., FINK W., HOOPES D. (1977) **Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise**. J Appl Physiol 43 : 695-699

FERREIRA, A.M.D.; BARBOSA, P.E.B.; CEDDIA, R.B. A influência da suplementação de triglicerídeos de cadeia média no desempenho em exercícios de ultra-resistência. Ver. **Bras. Med. Esporte** v.9 n.6 Niterói nov./dez. 2003

FOSS, Merle L.; KETEUIAN, Steven J. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte**. Traduzido por Giuseppe Taranto. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000

GARCIA Jr, J,R.; LAGRANHA, C.J.; POTHON-CURI, T.C. Metabolismo dos ácidos graxos no exercício físico. In: Curi, R.; Pompéia, C.; Miyasaka, C.K.; Procópio, J, editores. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002;199-214.)

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GRANDJEAN, A.C. **Diets of elites athletes: has the discipline of sports nutrition made an impact?** Journal of Nutrition, v.127, p.874-7, 1997.

GOEDECKE JH, EILMER-ENGLISH R, DENNIS SC, et al: **Effects of medium-chain triacylglycerol ingested with carbohydrate on metabolism and exercise performance**. Int J Sport Nutr 9:65-77, 1999

GOMES. Adriana Resende, LEMOS, André Luiz Da Silveir, MORAES, Lílian Lins, BARRETO, Edigleide Maria Figueiro. Suplementção de triglicerídeos de cadeia média em atividades de endurance. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo v. 1, n. 1, p. 60-66, Jan/Fev, 2007. ISSN 1981-9927.

HIRATA MH, HIRATA RDC. Transporte de ácidos graxos no plasma. In: Curi R, Pompéia C, Miyasaka CK, Procopio J, editores. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002;59-72.

HOROWITZ, J. F., R. MORA-RODRIGUEZ, L. O. BYERLEY, and E. F. Coyle. **Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise**. Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 273: E768–E775, 1997.

HOROWITZ, J. F., R. MORA-RODRIGUEZ, L. O. BYERLEY, and E. F. Coyle. **Preexercise medium-chain triglyceride ingestion does not alter muscle glycogen use during exercise**. J. Appl. Physiol. 88: 219–225, 2000.

JEUKENDRUP, A. E., W. H. Saris, P. SCHRAUWEN, F. BROUNS, and A. J. WAGENMAKERS. **Metabolic availability of medium-chain triglycerides coingested with carbohydrates during prolonged exercise.** J. Appl. Physiol. 79: 756–762, 1995

JEUKENDRUP, A. E., W. H. SARIS.; VAN DIESEN, R.; BROUNS, F.; WAGENMAKERS, A.J.M. **Effect of endogenous carbohydrate availability on oral medium-chain triglyceride oxidation during prolonged exercise.** J Appl Physiol 1996; 80:949-54.

JEUKENDRUP, A. E., W. H. Saris.; VAN DIESEN, R.; BROUNS, F.; WAGENMAKERS, A.J.M. **Fat metabolism during exercise: a review. Part II: Regulation of metabolism and the effects of training.** Int J Sports Med 19:293-302, 1998

JEUKENDRUP AE, et al: **Effect of medium-chain triacylglycerol and carbohydrate ingestion during exercise on substrate utilization and subsequent cycling performance.** Am J. Clin. Nutr. 1998, 67:397

JEUKENDRUP, A. E., W. H. Saris, R. DIESEN, F. BROUNS, and A. J. WAGENMAKERS. **Effect of endogenous carbohydrate availability on oral medium-chain triglyceride oxidation during prolonged exercise.** J. Appl. Physiol. 80: 949–954, 1996

KRAUSE, M.V.; MALAN, L.K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia.** São Paulo, Roca, 1991.

KASHIWAYA, Y., TAKESHIMA, T., MORI, N., NAKASHIMA, K., CLARKE, K., VEECH, R., L. **d-β-Hydroxybutyrate protects neurons in models of Alzheimer's and Parkinson's disease.** Proc. Natl. Acad. Sci., 97:5440–4, 2000

Lemon P.W.R.; TARNOPOLSKY, M.A.; MAC DOUGALLI, J.D.; ATKINSON, S.A. **Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice body builders.** J Appl Physiol 1992;73:767-75.

MASSICOTE, D., F. PERNONNET, G. R. BRISSON, and C. HILLAIRE MARCEL. **Oxidation of exogenous medium-chain free fatty acids during prolonged exercise: comparison with glucose.** J. Appl. Physiol. 73: 1334–1339, 1992

MCARDELE WD, KATCH FI, KATCH VL. **Sports & exercise nutrition.** USA: Lippincott, Williams & Wilkins, 1999.

MENON, Daiana; SANTOS, Jaqueline Schaurich. **Consumo de proteína por praticantes de musculação que buscam hipertrofia muscular.** Ver. Bras. Med. Esporte – Vol. 18, No 1 – Jan/Fev, 2012

NOAKES TD. Comunicação pessoal em 22 de junho de 2001, durante o **XV Congresso Brasileiro de Medicina do Esporte realizado no Rio de Janeiro.**

NOSAKA, Naohisa; SUZUKI Yoshie, NAGATOISHI, Akira; KASAI, Michio, WU, Jian and TAGUCHI, Motoko. **Effect of Ingestion of Medium-Chain Triacylglycerols on Moderate and High-Intensity Exercise in Recreational Athletes.** *Nutr Sci Vitaminol*, 55, 120–125, 2009.

NOSAKA, Naohisa, SUZUKI, Yoshie, SUEMITSU, Hiromi, KASAI, Michio, KATO, Kazuhiko, and TAGUCHI, Motoko. **Medium-chain Triglycerides with Maltodextrin Increase Fat Oxidation during Moderate-intensity Exercise and Extend the Duration of Subsequent High-intensity Exercise.** *Journal of Oleo Science* Copyright ©2018 by Japan Oil Chemists' Society doi : 10.5650/jos.ess18112 *J. Oleo Sci.* 67, (11) 1455-1462 (2018).

OLIVEIRA HR, GAZZOLA J. Digestão dos triacilgliceróis. In: Curi R, Pompéia C, Miyasaka CK, Procopio J, editores. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos.** São Paulo: Manole, 2002;43-8.

PETERSEN, R., C., SMITH, G., E., WARING, S., C., IVNIK, R., J., TANGALOS, E., G., KOKMEN, E. **Mild cognitive impairment.** *Arch Neurol.*, 56:303–8, 1999.

ROOYACKERS, O.E.; NAIR, K.S. **Hormonal regulation of human muscle protein metabolism.** *Annu Rev Nutr.* 1997;17:457-85.

RUPPIN, D.C.; MIDDLETON, W.R.J. **Clinical use of medium chain triglycerides.** In: **Alternative Medicine Review**, v. 7, n.5, p.216-224, 2002. ROCKSON, S.G. Lymphedema Therapy in the Vascular Anomaly Patient: Therapeutics for the Forgotten Circulation. *Lymphatic Research and Biology*, vol. 3, n. 4, p. 253- 255, 2005.

SAMPAIO, R., F., MANCINI, M., C. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica.** *Rev. Bras. Fisioterapia.*, 11 (1): 83-89. Fev., 2007

TARNOPOLSKY, M.A. **Gender differences in substrate metabolism during endurance exercise.** *Can J Appl Physiol* 2000;25:312-27

TIRAPEGUI, J. **Nutrição, Metabolismo e Suplementação na atividade física.** São Paulo: Atheneu, 2005.

TSAI, J., H., CHI, M., M., SCHULTE, M., B., MOLEY, K., H. **The fatty acid betaoxidation pathway is important for decidualization of endometrial stromal cells in both humans and mice.** *Biol Reprod.*, 20;90(2):34. Feb, 2014.

VAN Zyl CG, LAMBERT EV, Hawley JA, et al: **Effects of medium-chain triglyceride ingestion on fuel metabolism and cycling performance.** *J Appl Physiol* 80:2217-2225, 1996

VISTISEN Bodil, LARS Nybo, XUEBING Xu, CARL-ERIK Høy, and BENTE Kiens. **Minor amounts of plasma medium-chain fatty acids and no improved time trial performance after consuming lipids.** *J Appl Physiol* 95: 2434–2443, 2003. First published August 15, 2003; 10.1152/jappphysiol.00118.2003.

WILLIAMS, M.H. **Nutrição para saúde, condicionamento físico & desempenho esportivo**, 5ª edição. Barueri, SP: Editora Manole Ltda, 2002.

WILMORE, J.H.; COSTIL, D.L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. São Paulo: Editora Manole, 2002.