

# A influência da suplementação de triglicerídeos de cadeia média no desempenho em exercícios de ultra-resistência

Antonio Marcio Domingues Ferreira<sup>1</sup>, Paula Edila Botelho Barbosa<sup>1</sup> e Rolando Bacis Ceddia<sup>2</sup>

## RESUMO

As competições de ultra-resistência representam um grande desafio no mundo esportivo. O gasto energético de uma prova de ultra-resistência pode variar de 5.000 a 18.000kcal por dia. Por causa dessa grande demanda, várias estratégias para melhora do desempenho têm sido desenvolvidas nos últimos anos, como a suplementação de triglicerídeos de cadeia média (TCM) em combinação com carboidratos (CBO). A suplementação de TCM visa aumentar a utilização dos ácidos graxos livres (AGL) como fonte de energia, poupando os estoques corporais de glicogênio para o final da competição. Quando comparados com os triglicerídeos de cadeia longa (TCL), os TCM são rapidamente absorvidos e transportados pelo organismo. Além disso, os TCM possuem velocidade de oxidação comparável à dos CBO, mas, por serem lipídios, fornecem uma quantidade de energia maior quando são oxidados. Dessa forma, os TCM parecem ser o combustível ideal para provas de longa duração. Portanto, esta revisão possui como objetivo esclarecer como os TCM podem influenciar o desempenho em provas de ultra-resistência.

**Palavras-chave:** Exercício de ultra-resistência. Triglicerídeos de cadeia média. Desempenho.

## RESUMEN

### *Influencia de la suplementacion de trigliceridos de cadena media en ejercicios de máxima resistencia*

*Las competencias de alta resistencia constituyen un gran desafío en el mundo del deporte. El gasto energético de una prueba de máxima resistencia puede variar entre 5.000 y 18.000 kcalorías por día. Por causa de esa gran demanda, se deben desarrollar varias estrategias para la mejora en el desempeño deportivo en los últimos años como lo es la suplementación con triglicéridos de cadena media (TCM) en combinación con carbohidratos (CBO). La suplementación de los TCM aumenta la utilización de los ácidos grasos libres (AGL) como fuente de energía, dejando depósitos corporales de glicógeno para el final de la competencia. Cuando son comparados con los trigliceridos de cadena larga (TCL), los TCM son rápidamente absorbidos y transportados por el organismo. Además de eso, los TCM poseen una velocidad de oxidación comparable con los CBO, que por ser lípidos, otorgan una cantidad de energía mayor cuando son oxidados. De esta forma, los TCM parecen ser el combustible ideal para las pruebas de larga duración. Por lo tanto, esta revisión pretende como objetivo aclarar como los TCM pueden influir en el desempeño en pruebas de máxima resistencia.*

**Palabras clave:** Ejercicio de máxima resistencia. Triglicéridos de cadena media. Desempenho deportivo.

1. Curso de Pós-Graduação em Fisiologia do Exercício e Avaliação Morfo-Funcional. Universidade Gama Filho. Rio de Janeiro, RJ.

2. Department of Biology – York University. Toronto, Canadá.

Recebido em 14/3/03

2ª versão recebida em 24/10/03

Aceito em 4/11/03

## Endereço para correspondência:

Antonio Marcio Domingues Ferreira  
Rua Pontes Corrêa, 147, casa 4 – Andaraí  
20510-050 – Rio de Janeiro, RJ  
Tel.: (21) 2278-4837  
E-mail: amdf28@terra.com.br

## INTRODUÇÃO

O interesse e a participação em competições desportivas aumentou significativamente nos últimos anos e, sem dúvida nenhuma, as provas de ultra-resistência ou de longa duração são as que despertam maior fascínio<sup>1</sup>.

Nessa categoria de competição, estão incluídas as super e ultramaratonas (a partir de 84km), o *Ironman Triathlon* (3,8km de natação, 180km de ciclismo e 42km de corrida), provas que duram mais de 24 horas como o *Ultraman Triathlon* (10km de natação, 421km de ciclismo e 84km de corrida), provas de ciclismo que chegam a durar até 30 dias

(*Tour de France, Vuelta Ciclista a España, Giro de Itália, Race Across America*) e, mais recentemente, as Corridas de Aventura, englobando vários “esportes radicais”.

O gasto energético nas competições de ultra-resistência pode variar de 5.000kcal (triatlo com 2km de natação, 90km de ciclismo e 21km de corrida) até 18.000kcal (corrida com 24 horas de duração)<sup>2</sup>. Estima-se que o gasto energético médio no *Tour de France* seja de 6.500kcal/dia, chegando a 9.000kcal/dia nos estágios de montanha. O gasto energético de uma ultramaratona de 1.000km com duração de cinco dias é em média de 59.079kcal, com gasto diário variando entre 8.600 e 13.770kcal<sup>3</sup>. Em um estudo realizado no Rio de Janeiro com participantes de uma prova de triatlo (3,8km de natação, 180km de ciclismo e 42km de corrida), estimou-se gasto energético de 8.171,1kcal  $\pm$  716,7<sup>4</sup>. Frente a essa grande demanda energética, diversas estratégias para melhorar o desempenho têm sido desenvolvidas. Recentemente, a suplementação de triglicerídeos de cadeia média (TCM) em combinação ou não com carboidratos (CBO) tem sido estudada.

A suplementação de TCM visa otimizar a utilização dos ácidos graxos livres (AGL) como fonte de energia e poupar as reservas endógenas de glicogênio para os estágios finais da competição. Sugere-se que a capacidade de sustentar o exercício pode ser prolongada se a oferta de lipídios for aumentada<sup>3,5</sup>.

Portanto, o objetivo desta revisão é esclarecer como os TCM podem influenciar o desempenho em provas de longa duração.

## METABOLISMO E OXIDAÇÃO DOS TCM

Os TCM são moléculas apolares formadas por três ácidos graxos saturados contendo seis a 12 átomos de carbono que estão esterificados ao glicerol. Os ácidos graxos (AG) que compõem os TCM são: ácidos caprílico (C8:0; 50-80%), cáprico (C10:0; 20-50%) e com uma proporção menor dos ácidos caprílico (C6:0; 1-2%) e láurico (C12:0; 1-2%). Os TCM constituem a principal forma de gordura presente na dieta humana e foram introduzidos na clínica há aproximadamente 50 anos, visando o tratamento tanto de disfunções na absorção de lipídios como fonte de energia, substituindo as dietas baseadas em triglicerídeos de cadeia longa (TCL)<sup>6,7</sup>.

Os TCM, ricos em ácidos graxos de cadeia média (AGCM), são hidrolisados por ação da lipase pancreática, sendo absorvidos no duodeno mais rapidamente do que os ácidos graxos de cadeia longa (AGCL)<sup>3,7-10</sup>.

Os AGCM constituem uma fonte rápida de energia, pois, ao contrário dos AGCL, não são significativamente incorporados em lipoproteínas (quilomícrons 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<sup>3,7-9</sup>.

A ingestão elevada de triglicerídeos (TG) ricos em AGCM conduz a incorporação intracelular significativa desses AG em quilomícrons, sob a forma de TG resintetizados. Essa incorporação 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<sup>11</sup>.

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<sup>12</sup>.

### Destino dos TCM no organismo

A biodisponibilidade digestiva dos TCM é maior que a dos TCL. Comparando-se com os TCL, observou-se que a hidrólise dos TCM, que se inicia no estômago, é mais rápida e completa, a velocidade do trânsito gastrointestinal é maior e a absorção ocorre na porção proximal, sendo mais rápida e mais eficiente. O comprimento da cadeia dos AG exerce grande influência no comportamento dessa molécula no organismo. Os AGCL deixam o intestino, na forma de TCL, pela via linfática, após a incorporação nos quilomícrons. Uma fração desses quilomícrons sofre hidrólise intravascular, liberando a maioria dos AGCL para os tecidos extra-hepáticos, enquanto que a fração restante é transportada para o fígado. Os AGCL atingem o fígado como AG ligados à albumina ou como TG. Por outro lado, os AGCM, na forma livre após a digestão, seguem para o fígado pela veia porta, ligados fracamente à albumina. Cerca de 80% a 100% dos AGCM presentes em todo o fluxo portal são captados pelo fígado e a parcela remanescente segue pela corrente sanguínea, tornando-se disponível aos tecidos periféricos<sup>3,7-10</sup>.

Todos os AG utilizam os dois sistemas de transporte em proporções variáveis. Quanto maior é a cadeia carbônica do AG, mais este é encontrado na linfa e menos no sangue portal. Na linfa, estes circulam como TG associados aos

quilomícrons. No sangue portal, os AG estão ligados à albumina. Dessa forma, 8% dos AGCM encontram-se associados aos quilomícrons três horas após a ingestão de uma refeição com TCM em indivíduos saudáveis. Consumindo essa dieta por seis dias, esse valor atinge 15%. Em trabalhos prévios considerou-se que o “destino” metabólico dos AGCM estaria restrito quase que exclusivamente ao fígado<sup>13</sup>.

Um fator que interfere na distribuição tecidual dos lipídios da dieta é a presença de atividade da lipase lipoprotéica (LPL). Essa enzima localiza-se no endotélio dos vasos que irrigam os músculos, local principal de oxidação dos AG, e no tecido adiposo, local mais importante para o armazenamento desses. A taxa de captação dos TG é proporcional à atividade da LPL no tecido, estando esta elevada no músculo esquelético, em situações de jejum, e no tecido adiposo no período pós-prandial. Dessa forma, a LPL direciona os AG para oxidação (no músculo) ou armazenamento como TG (no tecido adiposo). Esses processos relacionam-se essencialmente aos AGCL, que são transportados associados aos quilomícrons ou as VLDL, e muito menos aos AGCM, que são pouco incorporados nessas lipoproteínas<sup>13</sup>.

### Distribuição dos AG entre citoplasma e mitocôndria

Devido às propriedades hidrófobas dos AGCL, são necessárias proteínas de ligação para transportá-los da membrana para as organelas-alvo. Os AGCL ligam-se fácil e rapidamente a essas proteínas, uma etapa essencial, para alcançar os sítios enzimáticos e ativar-se em acil-coa. Por outro lado, os AGCM, solúveis em água, ligam-se fracamente a essas proteínas, explicando a pequena taxa de conversão desses AG em acil-coa<sup>13,14</sup>.

Um mecanismo carreador adicional ocorre na membrana mitocondrial interna. A carnitina, atuando na enzima carnitina palmitoiltransferase (CPT), desempenha papel essencial no transporte de AGCL. Demonstrou-se, posteriormente, que a entrada dos AGCM na matriz mitocondrial é independente da carnitina. Essa independência, entretanto, é apenas parcial. No fígado, cerca de 10 a 20% de octanoato são transportados como acil-carnitina, enquanto que no músculo a entrada dos AGCM na mitocôndria depende totalmente da atividade transportadora da carnitina<sup>3,7,10,15</sup>.

### Oxidação dos AGCM

A oxidação dos AGCM ocorre, em todos os tecidos, principalmente nas mitocôndrias. Embora sua ativação também possa acontecer no citoplasma, esta ocorre majoritariamente na matriz mitocondrial, onde uma acil-coa específica é sintetizada a partir dos AGCM. A taxa de oxidação dos AGCM é maior e mais rápida que dos AGCL. A preferência na oxidação dos AGCM é mantida mesmo na obesidade<sup>13</sup>.

Uma das propriedades mais importantes dos TCM 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<sup>13</sup>.

### Regulação geral do metabolismo dos AGCM

O fígado possui capacidade elevada de oxidar e sintetizar AG, modulada de acordo com as necessidades do organismo ou condições fisiopatológicas. Os mecanismos regulatórios ocorrem, basicamente, em duas etapas.

Na primeira, a enzima CPT, localizada na membrana mitocondrial externa, que converte a acil-coa em acil-carnitina, controla a taxa de oxidação mitocondrial de AG. Na segunda etapa, o malonil-coa, molécula envolvida na “síntese *de novo* de AG” (via exclusiva dos AGCL, regulada negativamente quando uma dieta pobre em lipídios é substituída por outra enriquecida com esses AG) inibe, em concentrações fisiológicas, a produção de acil-coa e conseqüentemente a entrada e oxidação dos AG na mitocôndria. Como o malonil-coa inibe a CPT, há elevação na síntese de AG. Por serem relativamente independentes da carnitina, os AGCM escapam desse mecanismo que controla o metabolismo dos AGCL. Uma vez na matriz mitocondrial, a  $\beta$ -oxidação é o destino quase que exclusivo de todos os AG, não importando o tamanho da cadeia. Isso explica por que a oxidação dos AGCM é pouco influenciada por fatores nutricionais ou hormonais do organismo; exatamente o contrário ocorre com os AGCL<sup>13,14,16,17</sup>.

Além disso, os TCM tendem a elevar ligeiramente as concentrações circulantes de insulina e promover a lipogênese como resultado de aumento no balanço insulina/glucagon<sup>13</sup>.

### TCM E EXERCÍCIO

Os CBO são o substrato energético para atividades aeróbias de longa duração, porém, as reservas corporais de glicogênio são limitadas e podem ser totalmente depletadas em eventos atléticos dessa natureza. Assim, pode ser vantajoso otimizar a utilização dos lipídios (AGL) como fonte de energia, poupando os estoques de glicogênio para os estágios finais da competição<sup>1,18</sup>.

Vem sendo sugerido que a capacidade de sustentar o exercício pode ser prolongada se a oferta de lipídios for

aumentada imediatamente antes do exercício, uma vez que a taxa de oxidação dos AGL está diretamente relacionada com a concentração plasmática dos mesmos<sup>3,5,9,15,16,19</sup>.

Contrastando com essa afirmação, Martin III (1997)<sup>20</sup> cita que durante exercícios como corrida ou ciclismo, os TG intramusculares seriam a principal fonte para o aumento da oxidação de AG.

A utilização dos lipídios como fonte de energia durante exercícios de longa duração é muito importante, já que eles, armazenados no organismo na forma de TG no tecido adiposo ( $\pm 17.500\text{mmol}$ ), no músculo esquelético ( $\pm 300\text{mmol}$ ) e no plasma ( $\pm 0,5\text{mmol}$ ), representam o principal estoque de energia do organismo ( $\pm 560\text{MJ}$ ), chegando a ser 60 vezes maior quando comparados com o glicogênio ( $\pm 9\text{MJ}$ )<sup>18,21</sup>. Outro fator importante é a quantidade de energia fornecida com a oxidação dos lipídios ( $9\text{kcal/g}$ ), enquanto que a glicose fornece menos ( $4\text{kcal/g}$ )<sup>22</sup>.

Visando essas vantagens dos lipídios como fonte de energia, a utilização dos TCM como suplemento vem sendo amplamente estudada.

Como citado previamente, os TCM não retardam o esvaziamento gástrico e são absorvidos mais rapidamente no intestino do que os TCL, sendo transportados via sangue para o fígado. Já que os TCM possuem velocidade de metabolização similar à da glicose, eles parecem ser uma fonte ideal de energia para exercícios de longa duração<sup>8,9,18,23</sup>.

Com o objetivo de comparar a taxa de oxidação de TCM e de CBO, Decombaz *et al.* (1983)<sup>24</sup> conduziram uma pesquisa em que 12 sujeitos foram submetidos a um estímulo de uma hora em cicloergômetro ( $60\% \dot{V}O_2$  máx), uma hora após uma refeição padrão ( $\pm 250\text{kcal}$ ) de TCM ou CBO. A oxidação durante o período de duas horas após a refeição foi de  $30\%$  e  $45\%$  (TCM e CBO, respectivamente) do total ingerido. O decréscimo da concentração de glicogênio do músculo vasto lateral, avaliado através de biópsia, foi igual após ambas as refeições. Assim, os autores concluíram que uma simples refeição de TCM ou CBO antes do exercício, quando os estoques de glicogênio estão dentro do normal, não alteram a utilização de CBO ou poupam glicogênio corporal durante uma hora de exercício submáximo.

Ainda visando comparar a taxa de oxidação entre TCM e CBO, Massicote *et al.* (1992)<sup>25</sup> realizaram um estudo no qual seis homens saudáveis completaram cinco estímulos de duas horas em cicloergômetro a  $65\%$  do  $\dot{V}O_2$  máx com intervalo de sete dias entre os mesmos da seguinte forma: um estímulo-controle com ingestão de água, dois estímulos com ingestão de  $25\text{g}$  de TCM antes do exercício e dois estímulos com ingestão de  $57\text{g}$  de CBO (diluídos em um litro de água) durante o exercício. Durante as duas horas de exercício,  $13,6 \pm 3,5\text{g}$  de TCM e  $36,4 \pm 8,2\text{g}$  de CBO foram oxidados, o que representou  $54\%$  e  $64\%$ , respecti-

vamente, do total ingerido. A contribuição energética do TCM e do CBO não foi significativamente diferente, representando, respectivamente,  $7\%$  e  $8,5\%$  do gasto energético total.

Jeukendrup *et al.* (1998)<sup>8</sup> citam ainda que a oxidação dos TCM exógenos é aumentada quando estes são ingeridos combinados com CBO.

## TCM E MELHORA DO DESEMPENHO

Como foi visto anteriormente, os TCM podem ser uma importante fonte de energia exógena durante exercícios de longa duração. Porém, estudos demonstraram que os TCM, por si sós, não ajudariam tanto na *performance*; assim, algumas pesquisas foram conduzidas ofertando TCM combinados com CBO, que apresentaram resultados conflitantes.

Jeukendrup *et al.* (1995)<sup>26</sup> submetteram oito ciclistas bem treinados a quatro estímulos de  $180\text{min}$  a  $57\%$  do  $\dot{V}O_2$  máx, em que cada atleta consumiu  $4\text{ml/kg}$  de peso corporal no início do exercício e  $2\text{ml/kg}$  durante o exercício das seguintes soluções:  $15\%$  de CBO,  $149\text{g}$  de CBO +  $29\text{g}$  de TCM,  $214\text{g}$  de CBO +  $29\text{g}$  de TCM ou  $29\text{g}$  de TCM. 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)<sup>27</sup> realizaram um estudo semelhante, no qual oito atletas de elite foram submetidos a quatro sessões de  $90\text{min}$  de exercício em bicicleta ergométrica ( $57\% \dot{V}O_2$  máx). 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 lógico pensar que, em estímulos mais longos, maior quantidade de TCM passaria a ser oxidada.

Com relação à melhora do desempenho, Van Zyl *et al.* (1996)<sup>28</sup> avaliaram seis ciclistas treinados que realizaram, em três ocasiões separadas por  $10$  dias, estímulos de duas horas a  $60\%$  do  $\dot{V}O_2$  máx, e logo após cada estímulo uma sessão de  $40\text{km}$  contra-relógio. Durante cada um dos estímulos, os atletas ingeriram três soluções diferentes, con-

tendo 10% de CBO ou 4,3% de TCM ou 10% de CBO + 4,3% de TCM. Ao final do estudo, os autores observaram que, no estímulo em que foram consumidos TCM + CBO, o tempo na sessão contra-relógio foi menor quando comparado com as outras sessões e que, durante o consumo de TCM sozinho, o tempo foi pior do que quando a solução com CBO foi consumida. Um fato que chama a atenção nesse estudo é a quantidade de TCM suplementada durante os estímulos, que foi equivalente a 86g. Essa quantidade esbarra nas recomendações e nos achados de outros autores, que citam que quantidades superiores a 30g de TCM causariam desconforto gastrointestinal e diarreia<sup>5,8,23</sup>.

Em estudo similar ao de Van Zyl, Jeukendrup *et al.* (1998)<sup>29</sup> ofereceram as mesmas quantidades de TCM, combinadas ou não com CBO. Não foram encontrados resultados positivos com relação à *performance* e, ainda, quando o TCM foi ingerido sozinho, houve declínio no desempenho relacionado ao desconforto gastrointestinal relatado pelos atletas.

Goedecke *et al.* (1999)<sup>30</sup> realizaram um estudo para avaliar sintomas gástricos, metabolismo energético e *performance* de nove ciclistas que foram submetidos a três estímulos de duas horas seguidos de uma sessão de 40km contra-relógio, em que foram ingeridas soluções de CBO (10%) e CBO + TCM (10% + 1,72% ou 10% + 3,44%): 400ml antes dos estímulos e 100ml a cada 10min durante o exercício. Nenhum desconforto gastrointestinal foi relatado pelos testados e o consumo de TCM não afetou nem o metabolismo energético nem a *performance*. Os autores relataram que as concentrações de AGL plasmático e de beta-hidroxibutirato estavam elevadas após o consumo de TCM.

Visando verificar o efeito da ingestão de CBO e CBO + TCM no metabolismo e no desempenho, Angus *et al.* (2000)<sup>31</sup> avaliaram oito atletas que percorreram 100km o mais rápido possível em cicloergômetro. As soluções consumidas a cada 15min (250ml) eram compostas por CBO a 6% ou CBO a 6% + TCM a 4,2% ou placebo. Os resultados demonstraram que a ingestão de CBO durante o exercício aumentou o rendimento, mas a adição de TCM não resultou em nenhum aumento da *performance*.

Em 1996, Jeukendrup *et al.*<sup>32</sup> realizaram um estudo para avaliar se haveria diferença na taxa de oxidação de CBO durante o exercício, quando TCM eram ingeridos. Nove atletas treinados foram avaliados em quatro sessões de 180min a 57% do  $\dot{V}O_2$  máx, em que consumiram 4ml/kg de peso corporal no início de cada sessão e 2ml/kg a cada 20min durante o exercício das seguintes soluções: 150g/L de CBO, uma equicalórica de 70% CBO + 30% (29g) TCM, 150g de CBO + 20g de TCM e uma solução placebo (controle). Antes e depois das sessões, foram realizadas biópsias musculares para verificar a quantidade de glicogênio; amostras

respiratórias foram coletadas durante o exercício para medir a taxa de oxidação de CBO exógeno e endógeno. Não foram observadas diferenças entre as sessões com relação à oxidação de CBO, tanto exógeno como endógeno. As concentrações plasmáticas de AGL encontraram-se elevadas durante o exercício, sendo similares em todas as sessões, enquanto que as concentrações de cetonas plasmáticas aumentaram significativamente após o consumo de TCM. Os autores concluíram que a ingestão de 29g de TCM conjuntamente com CBO durante 180min de exercício não influencia a utilização de CBO ou de glicogênio.

Assim, apesar de a taxa de oxidação dos TCM ser aumentada quando eles são consumidos com CBO, a ingestão de quantidades até 30g de TCM parece não poupar o glicogênio muscular ou melhorar a *performance* e, com relação a quantidades superiores a 30g, apesar de haver um conflito de dados, a maioria dos autores afirma que essas quantidades causariam desconforto gastrointestinal e diarreia<sup>5,8,10,21,23</sup>.

Um fato que chama a atenção em todos os estudos é o tempo dos estímulos, que não ultrapassaram as três horas de duração. Segundo Noakes (2001)<sup>33</sup>, a suplementação de TCM parece ser mais eficaz em atividades que durem cinco horas ou mais, o que poderia explicar o fato de que a maioria dos estudos não encontrou melhora no desempenho.

Em 2001, Misell *et al.*<sup>34</sup> realizaram uma pesquisa para avaliar os efeitos do consumo crônico de TCM, na qual 12 corredores treinados consumiram suplementos dietéticos contendo 56g de TCL ou 60g de TCM diariamente durante duas semanas. Após cada fase de suplementação, os sujeitos realizaram, em esteira, um teste composto de duas sessões: uma de 30min a 85% do  $\dot{V}O_2$  máx e outra logo após a 75% de  $\dot{V}O_2$  máx até a exaustão. Os resultados indicaram que o consumo crônico de TCM não melhorou o rendimento nem alterou significativamente o metabolismo relacionado à *performance* em corredores treinados.

Outro aspecto interessante relacionado com a suplementação de TCM foi investigado por Kern *et al.* (2000)<sup>35</sup>. O estudo realizado visava investigar o comportamento das concentrações de lipídios sanguíneos. Corredores treinados foram submetidos a uma dieta pobre em lipídios e instruídos a consumir, duas vezes por dia durante duas semanas, 30g de TCM ou 28g de TCL. Cada fase foi separada por três semanas. Ao final de cada fase, amostras de sangue foram coletadas para a dosagem de colesterol total (CT), HDL-colesterol (HDL-C), LDL-colesterol (LDL-C) e triglicérides (TG). Apesar de as concentrações de CT, HDL-C, LDL-C e TG estarem mais elevadas após a fase com consumo de TCM, todos os lipídios sanguíneos encontravam-se dentro de valores ditos desejáveis, sendo que a concentração de HDL-C não apresentou diferença significativa entre as fa-

ses. Os autores concluíram que o consumo de TCM por duas semanas altera negativamente o perfil de lipídios sanguíneos em atletas e recomendam que futuros estudos sejam realizados para avaliar os efeitos do consumo de TCM, durante um período de tempo maior, nas concentrações de lipídios sanguíneos.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A suplementação de TCM em exercícios de ultra-resistência parece não promover melhora no desempenho que justifique a sua utilização. Apesar de a taxa de oxidação dos TCM aumentar quando eles são ingeridos com CBO, esse fato parece não poupar os estoques corporais de glicogênio ou melhorar a *performance*. Dentre os estudos consultados para esta revisão, apenas um observou melhora

no desempenho com consumo de TCM (combinados com CBO) e, mesmo assim, a quantidade de TCM suplementada (86g) foi maior do que a recomendação encontrada na literatura (30g), o que poderia causar desconforto gastrointestinal e diarreia.

A utilização de TCM como suplemento ainda precisa de mais estudos, que empreguem, se possível, tempo de estímulo maior, a partir de cinco horas e concentrações de TCM intermediárias, em torno de 50 a 60g. Recomenda-se também que estudos observando os efeitos do consumo crônico de TCM nas concentrações de lipídios sanguíneos e na saúde dos atletas sejam realizados.

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

## REFERÊNCIAS

1. Ferreira AMD, Ribeiro BG, Soares EA. Consumo de carboidratos e lipídios no desempenho em exercícios de ultra-resistência. *Rev Bras Med Esporte* 2001;7:2:67-74.
2. Miller GD. Carboidratos na ultra-resistência e no desempenho atlético. In: Wolinsky I, Hickson JF Jr, editores. *Nutrição no exercício e no esporte*. 2ª ed. São Paulo: Roca, 1996;51-67.
3. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Sports & exercise nutrition*. USA: Lippincott, Williams & Wilkins, 1999.
4. 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.
5. Williams MH. *The ergogenics edge*. Champaign: Human Kinetics, 1998.
6. 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.
7. Jeukendrup AE, Saris WHM, Wagenmakers AJM. Fat metabolism during exercise: a review. Part I: Fatty acid mobilization and muscle metabolism. *Int J Sports Med* 1998;19:231-44.
8. Jeukendrup AE, Saris WHM, Wagenmakers AJM. Fat metabolism during exercise: a review. Part III: Effects of nutritional interventions. *Int J Sports Med* 1998;19:371-9.
9. Berning JR. The role of medium-chain triglyceride in exercise. *Int J Sport Nutr* 1996;6:121-33.
10. Brouns F, van der Vusse GJ. Utilization of lipids during exercise in human subjects: metabolic and dietary constraints. *Br J Nutr* 1998;79:117-28.
11. Oliveira HR, Gazzola J. Absorção dos ácidos graxos. In: Curi R, Pompéia C, Miyasaka CK, Procopio J, editores. *Entendendo a gordura: os ácidos graxos*. São Paulo: Manole, 2002;49-58.
12. 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.
13. Colleone VV. 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.
14. Turcotte LP, Richter EA, Kiens B. Lipid metabolism during exercise. In: Hargreaves M, editor. *Exercise metabolism*. Champaign: Human Kinetics, 1995;99-130.
15. Kiens B. Effect of endurance training on fatty acid metabolism: local adaptations. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:5:640-5.
16. Jeukendrup AE, Saris WHM, Wagenmakers AJM. Fat metabolism during exercise: a review. Part II: Regulation of metabolism and the effects of training. *Int J Sports Med* 1998;19:293-302.
17. Jeukendrup AE. Regulation of fat metabolism in skeletal muscle. *Ann N Y Acad Sci* 2002;967:217-35.
18. Garcia Jr. JR, Lagranha CJ, Pithon-Curi TC. Metabolismo dos ácidos graxos no exercício físico. In: Curi R, Pompéia C, Miyasaka CK, Procopio J, editores. *Entendendo a gordura: os ácidos graxos*. São Paulo: Manole, 2002;199-214.
19. Lambert EV, Hawley JA, Goedecke J, Noakes TD, Dennis SC. Nutritional strategies for promoting fat utilization and delaying the onset of fatigue during prolonged exercise. *J Sports Sci* 1997;15:3:315-24.
20. Martin III WH. Effect of endurance training on fatty acid metabolism during whole body exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:5:635-9.
21. Hawley JA, Brouns F, Jeukendrup A. Strategies to enhance fat utilization during exercise. *Sports Med* 1998;25:4:241-57.
22. Hawley JA, Jeukendrup AE, Brouns F. Fat metabolism during exercise. In: Maughan RJ, editor. *Nutrition in sport*. Oxford: Blackwell Science, 2000;184-191.
23. Graham TE. The importance of carbohydrate, fat and protein for the endurance athlete. In: Shephard RJ, Astrand P-O, editores. *Endurance in sport*. Oxford: Blackwell Science, 2000;197-207.
24. Decombaz J, Arnaud MJ, Milon H, Moesch H, Philippoussian G, Thelin AL, et al. Energy metabolism of medium-chain triglycerides versus carbohydrates during exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983;52:1:9-14.
25. Massicotte D, Peronnet F, Brisson GR, Hillaire-Marcel C. Oxidation of exogenous medium-chain free fatty acids during prolonged exercise: comparison with glucose. *J Appl Physiol* 1992;73:4:1334-9.
26. Jeukendrup AE, Saris WH, Schrauwen P, Brouns F, Wagenmakers AJ. Metabolic availability of medium-chain triglycerides coingested with carbohydrates during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 1995;79:3:756-62.

- 
27. Jeukendrup AE, Saris WH, Van Diesen R, Brouns F, Wagenmakers AJM. Effect of endogenous carbohydrate availability on oral medium-chain triglyceride oxidation during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 1996; 80:949-54.
  28. Van Zyl CG, Lambert EV, Hawley JA, Noakes TD, Dennis SC. Effects of medium-chain triglyceride ingestion on fuel metabolism and cycling performance. *J Appl Physiol* 1996;80:2217-25.
  29. Jeukendrup AE, Thielen JJ, Wagenmakers AJ, Brouns F, Saris WH. Effect of medium-chain triacylglycerol and carbohydrate ingestion during exercise on substrate utilization and subsequent cycling performance. *Am J Clin Nutr* 1998;67:397-404.
  30. Goedecke JH, Elmer-English R, Dennis SC, Schloss I, Noakes TD, Lambert EV. Effects of medium-chain triacylglycerol ingested with carbohydrate on metabolism and exercise performance. *Int J Sport Nutr* 1999; 9:1:35-47.
  31. Angus DJ, Hargreaves M, Dancy J, Febbraio MA. Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance. *J Appl Physiol* 2000;88:113-9.
  32. Jeukendrup AE, Saris WH, Brouns F, Halliday D, Wagenmakers JM. Effects of carbohydrate (CHO) and fat supplementation on CHO metabolism during prolonged exercise. *Metabolism* 1996;45:915-21.
  33. Noakes TD. Comunicação pessoal em 22 de junho de 2001, durante o XV Congresso Brasileiro de Medicina do Esporte realizado no Rio de Janeiro.
  34. Misell LM, Lagomarcino ND, Schuster V, Kern M. Chronic medium-chain triacylglycerol consumption and endurance performance in trained runners. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:2:210-5.
  35. Kern M, Lagomarcino ND, Misell LM, Schuster VV. The effect of medium-chain triacylglycerols on the blood lipid profile of male endurance runners. *J Nutr Biochem* 2000;11:5:288-92.