



L-CARNITINA: ALÉM DO METABOLISMO DE LIPÍDIOS

Renata Silvério

Érico Chagas Caperuto

Marília Cerqueira Seelaender

Universidade de São Paulo – Brasil

Resumo: A L-carnitina é uma amina naturalmente produzida pelo organismo a partir dos aminoácidos lisina e metionina. Sua principal função é participar do metabolismo de lipídios, desempenhando papel fundamental no transporte desses do citoplasma para a matriz mitocondrial, onde são oxidados. Por isso, a suplementação com L-carnitina tem sido associada à melhora da performance em indivíduos fisicamente ativos. Entretanto, os dados da literatura mostram-se contraditórios quando a suplementação de L-carnitina é utilizada com a finalidade de melhorar o rendimento durante exercícios aeróbios. Por outro lado, alguns estudos apontam efeitos detoxificantes ou mesmo de atenuação do stress promovido por exercícios resistidos. Apesar destes efeitos positivos são necessários mais estudos para melhor compreensão dos efeitos da L-carnitina no exercício.

Palavras chave: L-carnitina, suplementação, exercício.

L-CARNITINE: BEYOND LIPID METABOLISM

Abstract: L-carnitine is a naturally produced amine compound. Liver, kidneys and brain produce it using lysine and methionine. Biologically, carnitine is essential for the transport of long-chain fatty acids into mitochondria, where they are oxidized to produce energy. Because of that, L-carnitine supplementation has been associated with performance improvements in physical active individuals. However, data found in the literature are contradictory when L-carnitine supplementation is used to improve aerobic exercise performance. On the other hand, other studies point out detoxifying effects as well as decrease in muscle stress caused by resistance exercises. Although the positive effects found in the literature, more studies are necessary for us to understand the full potential and effects of L-carnitine supplementation on exercise.

Keywords: L-carnitine, supplementation, exercise.

INTRODUÇÃO

Muitos atletas adotam o uso de manipulações nutricionais para melhorar seu desempenho. Entre as substâncias geralmente consumidas, a L-carnitina (ácido butírico β -hidroxi- γ -trimetil-amina) é utilizada há mais de dez anos como um recurso ergogênico. Rumores que a suplementação com L-carnitina ajudou os jogadores da seleção italiana na copa do mundo de futebol de 1982 contribuíram imensamente com a sua popularidade (KARLIC e LOHNINGER, 2004). A alegação mais importante para o seu uso relaciona-se com o seu papel no metabolismo dos lipídios, por isso anuncia-se muitas vezes que a L-carnitina melhora o metabolismo deste nutriente, reduzindo a massa gorda, além de aumentar a massa muscular. Em outras

palavras, esta substância é retratada como um *fat burner*, sendo recomendada muitas vezes para condições nas quais a perda de peso é indicada, além dos atletas de *endurance* a utilizarem para aumentar a oxidação de gordura durante o exercício e poupar glicogênio muscular. Com base na literatura disponível, examinaremos criticamente se as alegações associadas à L-carnitina são justificadas.

METABOLISMO DA L-CARNITINA

Nos humanos a carnitina é derivada tanto de fontes dietéticas quanto da biossíntese endógena. A síntese de L-carnitina no organismo ocorre a partir de dois aminoácidos essenciais: lisina e metionina, no fígado, rins e cérebro (REBOUCHE e ENGEL, 1980). As carnes e produtos lácteos são as principais fontes dietéticas deste composto, sendo responsáveis por cerca de 75% do total de carnitina armazenada no organismo (BENVENGA, 2005). Vale lembrar que a disponibilidade da carnitina dietética depende da quantidade da amina que é consumida. A biodisponibilidade da carnitina para humanos consumindo uma dieta baixa em carnitina (1,53 a 2,12 $\mu\text{mol/Kg}$ peso corporal/dia) é de 66-86%, enquanto para humanos consumindo uma dieta alta em carnitina (8,40 a 11,8 $\mu\text{mol/Kg}$ peso corporal/dia) é de 54-72% da ingestão (REBOUCHE, 2004). No caso da ingestão de carnitina como suplemento dietético a biodisponibilidade varia de aproximadamente 16% e 5%, após uma dose oral de 2 e 6g, respectivamente (BAIN et al., 2006).

A homeostase da carnitina no organismo se dá através da absorção da carnitina dietética e da taxa de síntese endógena associadas a uma eficiente reabsorção renal. A eficiência da reabsorção da carnitina aumenta quando a ingestão dietética da carnitina diminui. Esta resposta adaptativa serve para a manutenção da concentração de carnitina circulante em face a uma menor ingestão alimentar. Do contrário, a excreção da carnitina aumenta rapidamente e a eficiência da reabsorção diminui quando a carga de carnitina filtrada aumenta acima do normal, como por exemplo após a ingestão de suplemento dietético ou por sua infusão intravenosa (REBOUCHE, 2004).

FUNÇÕES DA L-CARNITINA

O principal papel fisiológico da L-carnitina é garantir o transporte de ácidos graxos de cadeia longa do citoplasma para o interior da mitocôndria, local onde estes são oxidados (MATERA et al., 2003; ILIAS et al., 2004; CHANG et al., 2005). Esta transferência ocorre através do sistema da carnitina palmitoiltransferase (CPT) (Figura 1), o qual está primariamente envolvido no transporte de ácidos graxos de cadeia longa através da membrana mitocondrial (MCGARRY e BROWN, 1997). Este transporte envolve duas enzimas localizadas nas membranas mitocondriais. A enzima carnitina palmitoiltransferase I (CPT I) cataliza a transferência de grupos acil do acil-CoA para a carnitina, sintetizando acilcarnitina e produzindo CoA livre. A proteína acilcarnitina/carnitina translocase (CACT) troca as acilcarnitinas do citoplasma por carnitina livre da mitocôndria. Finalmente, a enzima carnitina palmitoiltransferase II (CPT II) cataliza a reação que é reversa àquela da CPT I, reconvertendo acilcarnitina a acil-CoA, a qual é encaminhada para a β -oxidação, enquanto carnitina livre é produzida (PELUSO et al., 2000).

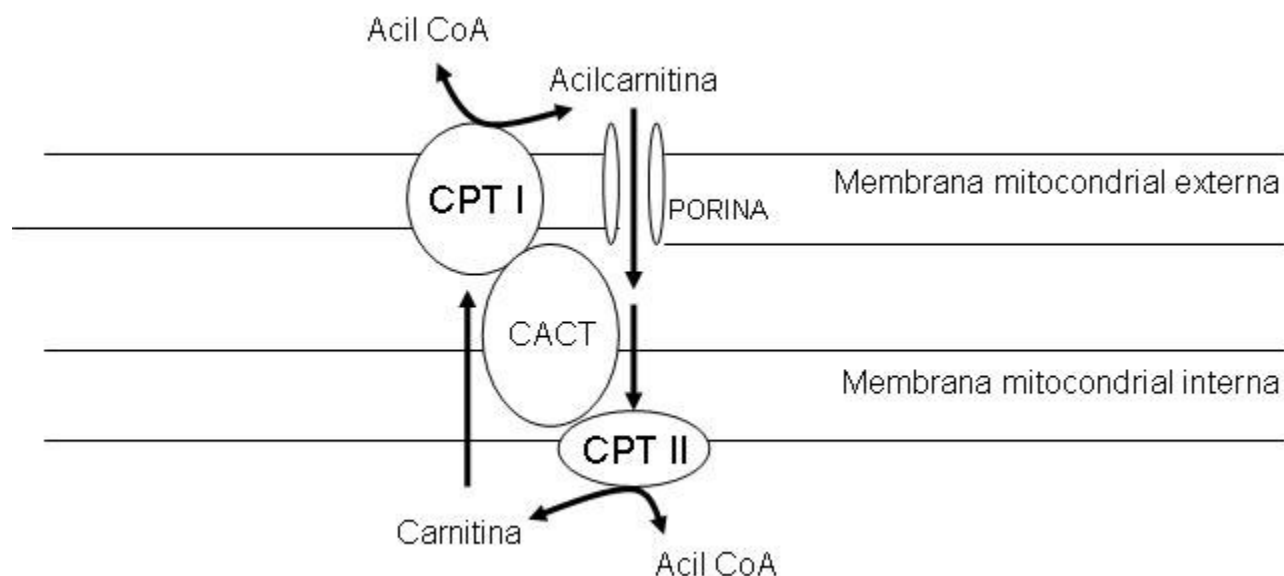


Figura 1. Sistema da carnitina palmitoiltransferase.

CPT I, carnitina palmitoiltransferase I; CPT II, carnitina palmitoiltransferase II; CACT, acilcarnitina/carnitina translocase.

A carnitina também possui papel na manutenção da taxa de acetilCoA/CoA na célula. Durante exercício de alta intensidade, há uma grande produção de acetil-CoA e este aumento, por sua vez, inibe o complexo piruvato desidrogenase (JEUKENDRUP, 2002). Como consequência do fluxo reduzido através deste complexo, há o direcionamento das moléculas de acetil-CoA para aumento da formação de lactato. Como o acetil-CoA reage com carnitina livre para formar acetilcarnitina e CoA livre, a carnitina pode, dessa forma, suprimir o acúmulo do ácido láctico (KARLIC e LOHNINGER, 2004).

SUPLEMENTAÇÃO DE L-CARNITINA E EXERCÍCIO

O papel obrigatório da carnitina na oxidação mitocondrial de ácidos graxos sugere que a suplementação com carnitina pode aumentar a sua oxidação, gerando assim mais ATP disponível para trabalho mecânico (GOROSTIAGA et al., 1989). Se a administração de carnitina aumenta a oxidação de ácidos graxos no músculo, ela pode também retardar o uso de glicogênio muscular e assim retardar o desenvolvimento da fadiga (MARCONI et al., 1985). Entretanto, não há evidência disponível mostrando que o conteúdo de carnitina muscular seja limitante para a oxidação de ácidos graxos durante a atividade física. Além disso não está claro se a suplementação com L-carnitina resulta em uma significativa mudança no conteúdo de carnitina muscular.

Os resultados de estudos que buscam a verificação dos efeitos da suplementação com L-carnitina no desempenho são bastante contraditórios. A maioria dos resultados encontrados na literatura são ineficientes em demonstrar melhora da *performance* nos indivíduos suplementados, uma vez que não relatam qualquer alteração nos seguintes parâmetros: VO_2 (GOROSTIAGA et al., 1989; MARCONI et al., 1985; VUKOVICH et al. 1994; GREIG et al., 1987; SOOP et al., 1988),

contribuição de lipídios como substrato energético (MARCONI et al., 1985; VUKOVICH et al. 1994; OYONO-ENGUELLE et al., 1988; DECOMBAZ et al., 1993; COLOMBIANI et al., 1996; BROAD et al., 2005), conteúdo de glicogênio muscular após exercício (VUKOVICH et al. 1994; BACURAU et al., 2003) e concentração plasmática de lactato após exercício (TRAPPE et al., 1994; BARNET et al., 1994). Por outro lado, alguns resultados encontrados demonstram aumento do VO_2 max como Marconi et al. (1985), aumento no tempo de exaustão como Bacurau (2003), aumento da oxidação de gorduras (GOROSTIAGA et al. 1989; BACURAU et al. 2003; ABRAMOWICZ e GALLOWAY, 2005) e redução na concentração de lactato após exercício (BACURAU et al., 2003; SILIPRANDI et al., 1990) em humanos ou animais suplementados com carnitina. As controvérsias existentes provavelmente devem-se às diferentes metodologias aplicadas, aos diferentes protocolos de suplementação e à participação de indivíduos treinados ou sedentários, entre outros. O desenho experimental dos estudos acima citados podem ser verificados na Tabela I.

Tabela 1. Efeito da suplementação de carnitina no desempenho esportivo.

Estudo	População	Dose	Endpoint	Efeitos da carnitina
Marconi et al. (1985)	6 homens treinados	4g via oral por 2 semanas	VO ₂ max, lactato, QR	Aumento no VO ₂ max, sem alteração no QR
Greig et al. (1987)	10 homens não treinados	2 g via oral por 28 dias	VO ₂ max, lactato	Sem efeito
Oyono-Enguelle et al. (1988)	10 homens não treinados	2 g via oral por 28 dias	VO ₂ , VCO ₂ , lactato, glicose plasmática	Sem efeito
Soop et al. (1988)	7 homens treinados	5 g via oral por 5 dias	Ácidos graxos livres, VO ₂	Sem efeito
Gorostiaga et al. (1989)	10 atletas treinados	2g via oral por 28 dias	VO ₂ , lactato, QR, glicose plasmática	Redução no QR
Siliprandi et al. (1990)	10 homens treinados	2 g via oral (dose única) 1h antes do exercício	Lactato	Redução do lactato plasmático pós-exercício
Decombaz et al. (1993)	10 homens treinados	3 g via oral por 7 dias	Oxidação de lipídios, QR, percepção de esforço, lactato após exercício com depleção de glicogênio	Sem efeito
Natali et al. (1993)	9 homens saudáveis	3 g via endovenosa (dose única) 40 min. antes do exercício	VO ₂ , VCO ₂ , utilização de substratos durante exercício	Sem mudanças durante exercício, mas aumentou a oxidação de ácidos graxos
	12 homens ativos			

Tabela 1. Efeito da suplementação de carnitina no desempenho esportivo (continuação).

Estudo	População	Dose	Endpoint	Efeitos da carnitina
Trappe et al. (1994)	20 homens atletas	2g via oral 2 vezes ao dia por 7 dias	Desempenho durante natação e concentração de lactato	Sem efeito
Brass et al. (1994)	14 homens saudáveis	18,5 ou 92,5 mol/Kg via endovenosa no início do exercício (dose única)	VO ₂ , lactato, QR, glicogênio muscular	Sem efeito
Vukovich et al. (1994)	8 homens saudáveis	6 g via oral por 7 ou 14 dias	QR, oxidação de ácidos graxos livres e glicose, VO ₂	Sem efeito
Barnett et al. (1994)	8 homens saudáveis	4 g via oral por 14 dias	Concentração de lactato durante o exercício	Sem efeito
Colombani et al. (1996)	7 homens atletas	4g via oral no dia da competição	Tempo de maratona, QR, metabólitos de lipídios e atividades enzimáticas	Sem efeito
Broad et al. (2005)	15 homens treinados	3 g via oral por 28 dias	Desempenho e utilização de substratos	Sem efeito

SUPLEMENTAÇÃO DE CARNITINA E RECUPERAÇÃO APÓS EXERCÍCIO

Durante a realização de exercício intenso ocorrem alguns eventos bioquímicos que envolvem catabolismo de purinas, geração de espécies reativas ao oxigênio (ROS) e destruição de membranas. A realização de um exercício com um forte componente excêntrico resulta ainda em episódios transitórios de hipóxia, degradação de ATP, acúmulo de ADP e ativação da enzima adenilato quinase (VOLEK et al., 2002).

Alguns autores desenvolveram há mais de uma década um modelo experimental para investigar os efeitos da suplementação de L-carnitina no tecido muscular hipóxico de humanos, durante exercício intenso (CORBUCCI et al., 1990). Os resultados obtidos sugeriram pela primeira vez que a L-carnitina possui um importante papel de detoxificação, através da antagonização dos efeitos deletérios da fadiga muscular associada com o estado de hipóxia.

Mais recentemente, autores mostraram que a suplementação com L-carnitina foi associada com menor acúmulo de ROS, menor acúmulo de proteínas citossólicas, menor dano tecidual e menor dor muscular subjetiva, após sessão de exercício resistido (VOLEK et al., 2002). Os resultados deste estudo provêm evidência indireta de um efeito favorável da suplementação de L-carnitina (2g por dia durante 3 semanas) na regulação do fluxo sanguíneo endotelial durante e após sessão de exercícios de agachamento. Pouco depois, outra publicação utilizando o mesmo protocolo de suplementação novamente mostrou que, após o período de recuperação, a L-carnitina reduziu o dano tecidual muscular induzido pelo exercício resistido (KRAEMER et al., 2003). Um último estudo verificou ainda que a suplementação de 1 ou 2g de L-carnitina-L-tartarato, durante 3 semanas, foi efetiva na mediação de vários marcadores de estresse metabólico (hipoxantina, xantina oxidase, mioglobina) e dor muscular após exercício resistido (SPIERING et al., 2007).

Os resultados destes estudos sugerem que a L-carnitina possui um potencial efeito na prevenção do estresse metabólico e dano tecidual provocado por exercício resistido.

SUPLEMENTAÇÃO DE CARNITINA E EMAGRECIMENTO

Apesar da ampla divulgação do uso deste suplemento como um *fat burner*, são escassos na literatura estudos avaliando o seu papel no auxílio de redução de gordura corporal.

Um estudo realizado com mulheres com sobrepeso, suplementadas com carnitina (4g/dia por 8 semanas), que praticavam atividade física moderada regularmente, não mostrou alterações no IMC e massa gorda. Vale ressaltar que algumas mulheres não completaram o estudo por apresentarem náuseas ou diarreia (VILLANI et al., 2000).

Em estudo com animais, onde administrou-se carnitina a ratos treinados durante 28 dias, esta suplementação não se mostrou eficiente na promoção de perda de massa gorda. Neste estudo, o treinamento de *endurance* (natação) induziu uma redução no conteúdo de gordura na carcaça e tecidos adiposos brancos, porém a suplementação não maximizou a perda induzida pelo treinamento (AOKI et al., 2004). Outro estudo realizado com animais verificou o efeito da suplementação de L-carnitina em ratos que estavam recebendo dieta hipocalórica. Não houve diferença entre o grupo suplementado e o controle em relação à perda de peso e perda de gordura, bem como nas concentrações plasmáticas de glicose, triacilglicerol, colesterol total e ácidos graxos livres (AOKI et al., 2004). A síntese endógena de carnitina foi obviamente adequada para garantir eficiente β -oxidação de ácidos graxos durante a fase catabólica (BRANDSCH e EDER, 2002).

CONCLUSÕES

Contrariando a fama da L-carnitina como um *fat burner*, os dados avaliados não mostram efeitos favoráveis do seu uso para o emagrecimento e mostram-se bastante contraditórios quando a suplementação de L-carnitina é utilizada com a finalidade de melhorar o rendimento durante exercícios aeróbios. Estes resultados conflitantes podem estar relacionados ao amplo número de opções inerentes ao processo de suplementação (por exemplo: a forma de administração, a dose e o período), aos diferentes protocolos de exercício utilizados e também à possíveis diferenças entre os indivíduos participantes dos estudos. Por outro lado, outros resultados sugerem que a L-carnitina pode atenuar os efeitos colaterais de exercícios de alta intensidade, tanto pela redução da magnitude da hipóxia induzida pelo exercício quanto por afetar favoravelmente os marcadores de recuperação do estresse que ocorre neste tipo de exercício. Apesar de favoráveis, ainda são escassos os dados relacionando a suplementação de L-carnitina com exercícios de alta intensidade, o que torna necessária a realização de mais pesquisas a fim de determinar a dose adequada para obtenção dos benefícios, bem como definir os reais efeitos desta suplementação na performance de exercícios aeróbios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOWICZ, W.N.; GALLOWAY, S.D. Effects of acute versus chronic L-carnitine L-tartrate supplementation on metabolic responses to steady state exercise in males and females. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, v. 15, n. 4, p. 386 – 400, 2005.
- AOKI, M. S.; ALMEIDA, A.L.; NAVARRO, F.; COSTA ROSA, L.F.; BACURAU, R.F. Carnitine supplementation fails to maximize fat mass loss induced by endurance training in rats. *Ann. Nutr. Metab.*, v. 48, n. 2, p. 90 – 4, 2004.
- BACURAU, R.F.; NAVARRO, F.; BASSIT, R.A.; MENEGUELLO, M.O.; SANTOS, R.V.; ALMEIDA, A.L.; COSTA ROSA, L.F. Does exercise training interfere with the effects of L-carnitine supplementation? *Nutrition*, v. 19, n. 4, p. 337 – 41, 2003.
- BAIN, M.A.; MILNE, R.W.; EVANS, A.M. Disposition and metabolite kinetics of oral L-carnitine in humans. *J. Clin. Pharmacol.*, v.46, n.10, p.1163 – 70, 2006.
- BARNETT, C.; COSTILL, D.L.; VUKOVICH, M.D.; COLE, K.J.; GOODPASTER, B.H.; TRAPPE, S.W.; FINK, W.J. Effect of L-carnitine supplementation on muscle and blood carnitine content and lactate accumulation during high-intensity sprint cycling. *Int. J. Sport Nutr.*, v. 4, n. 3, p. 280 – 8, 1994.
- BENVENGA, S. Effects of L-carnitine on thyroid hormone metabolism and on physical exercise tolerance. *Horm. Metab. Res.*, v. 37, n. 9, p. 566 – 71, 2005.
- BRANDSCH, C.; EDER, K. Effect of L-carnitine on weight loss and body composition of rats fed a hypocaloric diet. *Ann. Nutr. Metab.*, v. 46, n. 5, p. 205 – 10, 2002.

- BRASS, E.P.; HOPPEL, C.L.; HIATT, W.R. Effect of intravenous L-carnitine on carnitine homeostasis and fuel metabolism during exercise in humans. *Clin. Pharmacol. Ther.*, v. 55, n. 6, p. 681-92, 1994.
- BROAD, E.M.; MAUGHAN, R.J.; GALLOWAY, S.D. Effects of four weeks L-carnitine L-tartrate ingestion on substrate utilization during prolonged exercise. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, v. 15, n. 6, p. 665 – 79, 2005.
- CHANG, B.; NISHIKAWA, M.; NISHIGUCHI, S.; INOUE, M. L-carnitine inhibits hepatocarcinogenesis via protection of mitochondria. *Int. J. Cancer*, v. 113, n. 5, p. 719 – 29, 2005.
- COLOMBANI, P.; WENK, C.; KUNZ, I.; KRAHENBUHL, S.; KUHN, M.; ARNOLD, M. Effects of L-carnitine supplementation on physical performance and energy metabolism of endurance-trained athletes: a double-blind crossover field study. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v. 73, n. 5, p. 434 – 9, 1996.
- CORBUCCI, G.G.; MONTANARI, G.; MANCINELLI, G.; D'IDDIO, S. Metabolic effects induced by L-carnitine and propionyl-L-carnitine in human hypoxic muscle tissue during exercise. *Int. J. Clin. Pharmacol. Res.*, v. 10, n. 3, p. 197 – 202, 1990.
- DECOMBAZ, J.; DERIAZ, O.; ACHESON, K.; GMUENDER, B.; JEQUIER, E. Effect of L-carnitine on submaximal exercise metabolism after depletion of muscle glycogen. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 25, n. 6, p. 733 – 40, 1993.
- GOROSTIAGA, E.M.; MAURER, C.A.; ECLACHE, J.P. Decrease in respiratory quotient during exercise following L-carnitine supplementation. *Int. J. Sports Med.*, v. 10, n. 3, p. 169 – 74, 1989.
- GREIG, C.; FINCH, K.M.; JONES, D.A.; COOPER, M.; SARGEANT, A.J.; FORTE, C.A. The effect of oral supplementation with L-carnitine on maximum and submaximum exercise capacity. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v. 56, n. 4, p. 457 – 60, 1987.
- ILIAS, I.; MANOLI, I.; BLACKMAN, M.R.; GOLD, P.W.; ALESCI, S. L-Carnitine and acetyl-L-carnitine in the treatment of complications associated with HIV infection and antiretroviral therapy. *Mitochondrion*, v. 4, n. 2-3, p. 163 – 8, 2004.
- JEUKENDRUP, A.E. Regulation of fat metabolism in skeletal muscle. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, v. 967, p. 217 – 35, 2002.
- KARLIC, H.; LOHNINGER, A. Supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense? *Nutrition*, v. 20, n. 7-8, p. 709-15, 2004.
- KRAEMER, W.J.; VOLEK, J.S.; FRENCH, D.N.; RUBIN, M.R.; SHARMAN, M.J.; GOMEZ, A.L. The effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on hormonal responses to resistance exercise and recovery. *J. Strength Cond. Res.*, V. 17, N. 3, P. 455 – 62, 2003.
- MARCONI, C.; SASSI, G.; CARPINELLI, A.; CERRETELLI, P. Effects of L-carnitine loading on the aerobic and anaerobic performance of endurance athletes. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v. 54, n. 2, p. 131 – 5, 1985.

MATERA, M.; BELLINGHERI, G.; COSTANTINO, G.; SANTORO, D.; CALVANI, M.; SAVICA, V. History of L-carnitine: implications for renal disease. *J. Ren. Nutr.*, v. 13, n. 1, p. 2 – 14, 2003.

MCGARRY, J.D.; BROWN, N. F. Reconstitution of purified, active and malonyl-CoA-sensitive rat liver carnitine palmitoyltransferase I: relationship between membrane environment and malonyl-CoA sensitivity. *Biochem. J.*, V. 1, N. 349, P. 179-87, 2000.

NATALI, A.; SANTORO, D.; BRANDI, L.S.; FARAGGIANA, D.; CIOCIARO, D.; PECORI, N.; BUZZIGOLI, G.; FERRANNINI, E. Effects of acute hypercarnitinemia during increased fatty substrate oxidation in man. *Metabolism*, v. 42, n. 5, p. 594 – 600, 1993.

OYONO-ENGUELLE, S.; FREUND, H.; OTT, C.; GARTNER, M.; HEITZ, A.; MARBACH, J.; BIGOT, H.; BACH, A. C. Prolonged submaximal exercise and L-carnitine in humans. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v. 58, n. 1-2, p. 53 – 61, 1988.

PELUSO, G.; NICOLAI, R.; REDA, E.; BENATTI, P.; BARBARISI, A.; CALVANI, M. Cancer and anticancer therapy-induced modifications on metabolism mediated by carnitine system. *J. Cell. Physiol.*, v. 182, p. 339 – 350, 2000.

REBOUCHE, C.J.; ENGEL, A.G. Tissue distribution of carnitine biosynthetic enzymes in man. *Biochim. Biophys. Acta*, v.630, n.1, p. 22 – 9, 1980.

REBOUCHE, C.J. Kinetics, pharmacokinetics, and regulation of L-carnitine and acetyl-L-carnitine metabolism. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, v. 1033, p. 30 – 41, 2004.

SILIPRANDI, N.; DI LISA, F.; PIERALISI, G.; RIPARI, P.; MACCARI, F.; MENABO, R. Metabolic changes induced by maximal exercise in human subjects following L-carnitine administration. *Biochim. Biophys. Acta*, v. 1034, n. 1, p. 17 – 21, 1990.

SOOP, M.; BJORKMAN, O.; CEDERBLAD, G.; HAGENFELDT, L.; WAHREN, J. Influence of carnitine supplementation on muscle substrate and carnitine metabolism during exercise. *J. Appl. Physiol.*, v. 64, n. 6, p. 2394 – 9, 1988.

SPIERING, B.A.; KRAEMER, W.J.; VINGREN, J.L.; HATFIELD, D.L.; FRAGALA, M.S.; HO, J.Y. Responses of criterion variables to different supplemental doses of L-carnitine L-tartrate. *J. Strength Cond. Res.*, v. 21, n. 1, p. 259 – 64, 2007.

TRAPPE, S.W.; COSTILL, D.L.; GOODPASTER, B.; VUKOVICH, M.D.; FINK, W.J. The effects of L-carnitine supplementation on performance during interval swimming. *Int. J. Sports Med.*, v. 15, n. 4, p. 181 – 5, 1994.

VILLANI, R.G.; GANNON, J.; SELF, M.; RICH, P.A. L-Carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, v. 10, n. 2, p. 199 – 207, 2000.

VOLEK, J.S.; KRAEMER, W.J.; RUBIN, M.R.; GOMEZ, A.L.; RATAMESS, N.A.; GAYNOR, P. L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, v. 282, n. 2, p. E474 – 82, 2002.

VUKOVICH, M.D.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J. Carnitine supplementation: effect on muscle carnitine and glycogen content during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 26, n. 9, p. 1122-9, 1994.

Contatos

Instituto de Ciências Biomédicas I – Universidade de São Paulo
Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 1524, sala 434 – Cidade Universitária, São Paulo – SP, CEP: 05508-900
Fone: Não fornecido pelo autor
E-mail: renatasilverio@usp.br

Tramitação

Recebido em: 30/11/2008
Aceito em: 26/06/2009