

ORIGINAL INVESTIGATION (ARTIGO ORIGINAL)

A INGESTÃO DE CAFEÍNA AUMENTA O TEMPO PARA FADIGA NEUROMUSCULAR E O DESEMPENHO FÍSICO DURANTE EXERCÍCIO SUPRAMÁXIMO NO CICLISMO

THE CAFFEINE INGESTION INCREASES TIME TO NEUROMUSCULAR FATIGUE AND PERFORMANCE DURING SUPRAMAXIMAL CYCLING EXERCISE

Leandro Ricardo Altimari^{1,2,3}; Eduardo Bodnariuc Fontes³; Alexandre Hideki Okano^{2,3}; Ricardo Okada Triana³; Mara Patricia Traína Chacon-Mikahil⁴; Antonio Carlos de Moraes^{2,3}

¹Gepesine - Grupo de Estudo e Pesquisa em Sistema Neuromuscular e Exercício. Centro de Educação Física e Esporte. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

²Gepemene - Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício. Centro de Educação Física e Esporte. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

³GPNeurom - Laboratório de Estudos Eletromiográficos. Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

⁴Fisex - Laboratório de Fisiologia do Exercício. Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Address for correspondence:

Prof. Dr. Leandro Ricardo Altimari
Departamento de Educação Física – Universidade Estadual de Londrina
Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 Km 380 - Campus Universitário, Cx. Postal 6001
CEP 86051-990, Londrina, PR, Brasil.
e-mail: altimari@uel.br

Submitted for publication: July 2008

Accepted for publication: August 2008

Resumo

ALTIMARI, L. R.; FONTES, E. B.; OKANO, A. H.; TRIANA, R. O.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T.; MORAES, A. C. A ingestão de cafeína aumenta o tempo para fadiga neuromuscular e o desempenho físico durante exercício supramáximo no ciclismo. Brazilian Journal of

Biomotricity, v. 2, n. 3, p. 195-203, 2008. O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da ingestão de cafeína (CAF) sobre a fadiga neuromuscular (FNM) e o desempenho físico durante exercício supramáximo no ciclismo. Nove ciclistas do sexo masculino ($27,2 \pm 3,9$ anos; $73,7 \pm 12,3$ kg, $174,2 \pm 6,1$ cm), treinados, foram submetidos a dois testes de carga constante (T_{cons}) separados por 72 h de intervalo na intensidade correspondente a $110\% w_{\text{max}}$ até a exaustão, realizados aleatoriamente nas condições CAF e PL. CAF (6 mg.kg^{-1}) ou PL (maltodextrina) foram administrados por meio de procedimento duplo cego 60 minutos antes do início dos T_{cons} . Durante o T_{cons} foram obtidos o tempo de exaustão (TE) e o tempo de início da fadiga neuromuscular (TI_{FNM}) (s) por meio da atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos: vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF). Após constatação da normalidade dos dados (teste de *Shapiro Wilk*) utilizou-se teste "t" de *Student* pareado. O nível de significância adotado para as análises foi $P < 0,05$. O TE foi 15% maior na condição CAF comparada a PL ($132,3 \pm 8,4$ e $116,7 \pm 7,6$ s, $P < 0,05$; respectivamente). Diferença significativa foi constatada entre o TI_{FNM} dos músculos VL, VM e RF quando comparadas às condições CAF e PL ($P < 0,05$). De acordo com os resultados, pode-se concluir que a ingestão de 6 mg.kg^{-1} de cafeína aumentou o tempo para início da fadiga neuromuscular, bem como melhorou o desempenho durante exercício supramáximo no ciclismo.

Palavras-Chave: cafeína; fadiga neuromuscular; eletromiografia; ciclismo.

Abstract

ALTIMARI, L. R.; FONTES, E. B.; OKANO, A. H.; TRIANA, R. O.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T.; MORAES, A. C. The caffeine ingestion increases time to neuromuscular fatigue and performance during supramaximal cycling exercise. *Brazilian Journal of Biomotricity*, v. 2, n. 3, p. 195-203, 2008. The purpose of this study was to investigate the effect of the caffeine ingestion (CAF) on the neuromuscular fatigue (NMF) and performance during supramaximal cycling exercise. Nine male cyclists (27.2 ± 3.9 yr; 73.7 ± 12.3 kg and 174.2 ± 6.1 cm), trained, were subjected to two tests of constant load (T_{cons}) separated by 72 h intervals in intensity of $110\% w_{\text{max}}$ until exhaustion conducted randomly in CAF and PL conditions. CAF (6 mg.kg^{-1}) or PL (maltodextrin) were administered in a double-blind procedure 60 min before the start of T_{cons} . During the T_{cons} were obtained the time of exhaustion (TE) and time of onset of neuromuscular fatigue (TO_{NMF}) (s) through electromyographic activity (EMG) of the vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM) e rectus femoris (RF) muscles. Normality of the data distribution was confirmed using the Shapiro-Wilk test, and this was followed by Student t-tests with level of significance set at $P < 0.05$. The TE was 15% higher on condition CAF compared to PL (132.3 ± 8.4 and 116.7 ± 7.6 s, $P < 0.05$, respectively). Significant difference was found between the TO_{NMF} of VL, VM and RF muscles when compared to CAF and PL conditions ($P < 0.05$). According to these results, it can be concluded that the ingestion of 6 mg.kg^{-1} of caffeine increases time to neuromuscular fatigue and performance during supramaximal in cycling exercise.

Keywords: caffeine; neuromuscular fatigue; electromyography, cycling exercise.

Introdução

A fadiga é apontada como fator limitante do desempenho atlético e constitui um fenômeno complexo ou mesmo um conjunto de fenômenos de interação simultânea com diferentes graus de influência, dependendo da natureza do exercício físico (ABBISS e LAURSEN, 2005). Recentemente, a cafeína (CAF) (1,3,7 – trimethylxanthine) tem sido muito utilizada de forma aguda, previamente à realização de exercícios de natureza aeróbia e anaeróbia (SPRIET, 1995; GRAHAM, 2001; ALTIMARI et al., 2006; ALTIMARI et al., 2006), com o intuito de protelar a instalação do processo de fadiga e, conseqüentemente, aprimorar a performance atlética

Recentes estudos têm mostrado que a CAF pode atuar em alguma porção do

sistema nervoso central (SNC) afetando a percepção subjetiva de esforço (DOHERTY e SMITH, 2005), bem como a propagação dos sinais neurais entre o cérebro e a junção neuromuscular (DAVIS et al., 2003), e sobre o músculo esquelético, facilitando o processo de estimulação-contracção do músculo esquelético (LOPES et al., 1983).

Estudos envolvendo a utilização da CAF associada à análise da atividade eletromiográfica (EMG), com objetivo de esclarecer a contribuição dos componentes central e periférico na fadiga neuromuscular (FNM) tem sido encorajados (MAGKOS e KAVOURAS, 2004). Contudo, é importante destacar a falta de estudos que procuraram investigar o efeito da ingestão de CAF sobre a FNM em exercícios dinâmicos seja em laboratório ou em testes de campo. Na sua maioria os estudos envolvem exercícios isométricos, e esses têm constatado influência da CAF sobre a FNM em diferentes tipos de tarefas (PLASKETT e CAFARELLI, 2001; WALTON et al., 2002; KALMAR e CAFARELLI, 2004).

Assim, o propósito do presente estudo foi analisar a influência da ingestão de CAF sobre a FNM e o desempenho físico durante exercício supramáximo no ciclismo.

Materiais e Métodos

Amostra

A amostra foi constituída por nove ciclistas do sexo masculino, treinados, com tempo médio de prática de $7,4 \pm 4,5$ anos, que foram selecionados voluntariamente para participar deste estudo. Os indivíduos tinham frequência de treinamento semanal médio de $4,7 \pm 1,3$ vezes, perfazendo volume médio de treinamento semanal de $349,3 \pm 59,1$ Km.

Inicialmente todos os sujeitos foram submetidos à entrevista prévia onde relataram não serem usuários de esteróides anabólicos ou de qualquer tipo de suplementação. Posteriormente os sujeitos, após serem esclarecidos sobre as finalidades do estudo e os procedimentos aos quais seriam submetidos, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da UNICAMP.

Delineamento experimental

Todos os sujeitos executaram teste incremental máximo ($T_{I_{max}}$) para determinação da carga de trabalho máxima (w_{max}) e dois testes supramáximos de carga constante (T_{cons}) a 110 % w_{max} até a exaustão voluntária nas condições cafeína (CAF) ou placebo (PL). O intervalo adotado entre os testes foi de 72 h. Os indivíduos foram orientados a não ingerir qualquer tipo de substância ou alimento que continha cafeína durante o período de execução do experimento, bem como bebidas alcoólicas e, não realizar atividades físicas vigorosas nas 24 h anteriores a execução dos testes, no intuito de evitar qualquer tipo de interferência nos resultados. Cada sujeito foi testado na mesma hora do dia para minimizar os efeitos da variação biológica diurna. Para

a familiarização com os protocolos de testes e equipamentos utilizados os voluntários foram submetidos a estudo piloto.

Procedimentos

Para determinação da w_{max} os sujeitos realizaram $T_{I_{max}}$ que teve início a 100 w e incrementos de $20 w \cdot min^{-1}$ com cadência de 90 rotações por minuto (rpm) até a exaustão voluntária. Cada T_{cons} foi precedido de 3 min. de aquecimento a 50 w e posteriormente conduzido até exaustão voluntária na carga correspondente a 110 % w_{max} , onde foi obtido o tempo de exaustão (TE) registrado por um cronômetro digital (SEIKO S140, JAPAN) manual com precisão de centésimos de segundos. A cadência permitida ao longo do T_{cons} foi de 90 rpm adotando-se como critério de interrupção do teste queda na cadência de rotações (90 rpm) sem recuperação por mais de 5 s.

Todos os testes físicos foram realizados em ciclossimulador modelo CompuTrainer DYNAFIT™ (RacerMate®, Seattle, WA, USA). O mesmo foi calibrado antes da realização de cada teste conforme orientação do fabricante. As medidas da bicicleta correspondente a cada avaliado como: altura e distância do banco; altura e distância da mesa e a posição das mãos foram padronizadas durante todos os testes, para assim, evitar alterações na postura do avaliado e conseqüentemente possíveis interferências na solicitação dos músculos avaliados. Em todas as coletas foram controladas a temperatura ambiente e umidade relativa do ar que mantidas entre 21 e 24°C e 40 e 60%, respectivamente.

Coleta e processamento dos sinais eletromiográficos (EMG)

Antes do início de cada T_{cons} , os sujeitos tiveram os eletrodos de EMG bipolares ativos modelo TSD 150™ (BIOPAC Systems®, USA), com distância intereletrodos fixa de dois centímetros colocados sobre os músculos superficiais do quadríceps femoral (QF) da perna direita: vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF). Após abrasão da pele e limpeza com álcool, os eletrodos foram posicionados em cada músculo seguindo a padronização proposta pelo SENIAM (HERMES et al., 2000).

A atividade EMG foi registrada por eletromiógrafo de 16 canais modelo MP150™ (Biopac System®, USA) com frequência de amostragem de 2000 Hz. A relação entre os ganhos diferenciais e de modo comum de rejeição foi de 80 dB, e os limites de entrada de sinal foram estabelecidos em ± 5 mV. O eletrodo de referência (terra) foi posicionado no cotovelo do membro direito (epicôndilo lateral). Para a captação e processamento dos sinais foi utilizado o software *AcqKnowledge 3.8.1™* (BIOPAC Systems®, USA). Os sinais EMG brutos foram submetidos à filtragem digital utilizando filtro passa-banda de 20Hz e 500Hz e em seguida, retificados e suavizados (janela móvel de 10 amostras) (Figura 1). Para análise dos valores correspondentes aos sinais EMG utilizou-se da média de RSM – *root mean square* (μV) a cada 5 s.

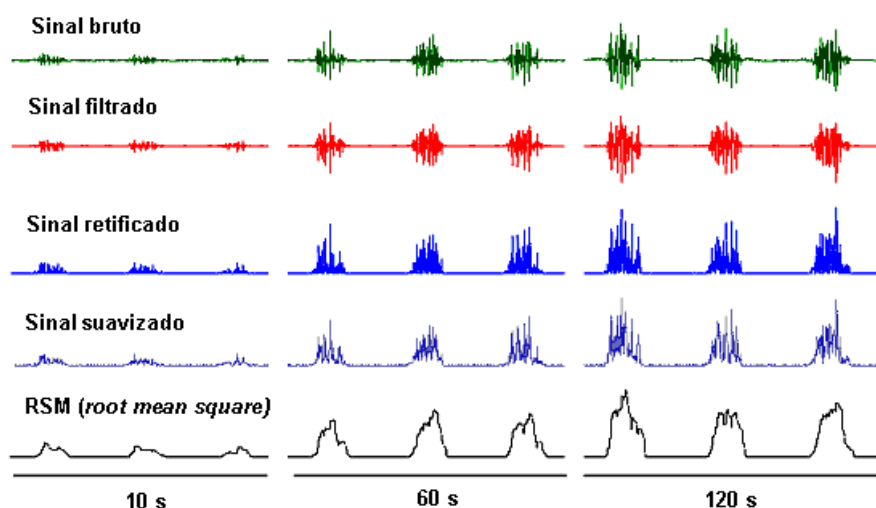


Figura 1. Exemplo da seqüência de análise dos sinais EMG do músculo vasto lateral (VL) adotado para um indivíduo. Dados coletados aos 10, 60 e 120 s, durante teste retangular supramáximo.

Tempo de início da fadiga neuromuscular (TI_{FNM})

Durante o T_{cons} , foi obtido o tempo de início da fadiga neuromuscular (TI_{FNM}) (s) dos músculos VL, VM e RF (Figura 2). O TI_{FNM} foi obtido pela perda da linearidade dos valores de RMS (μV) (*breaking point*) utilizando-se de função linear em ambiente de simulação matemática MatLab 7.0 (Mathworks®, South Natick, MA, USA) de acordo com Triana et al. (2006). A perda da linearidade dos sinais EMG (RMS- μV) em teste retangular supramáximo também tem sido relatado em outros estudos (MAESTU et al., 2006).

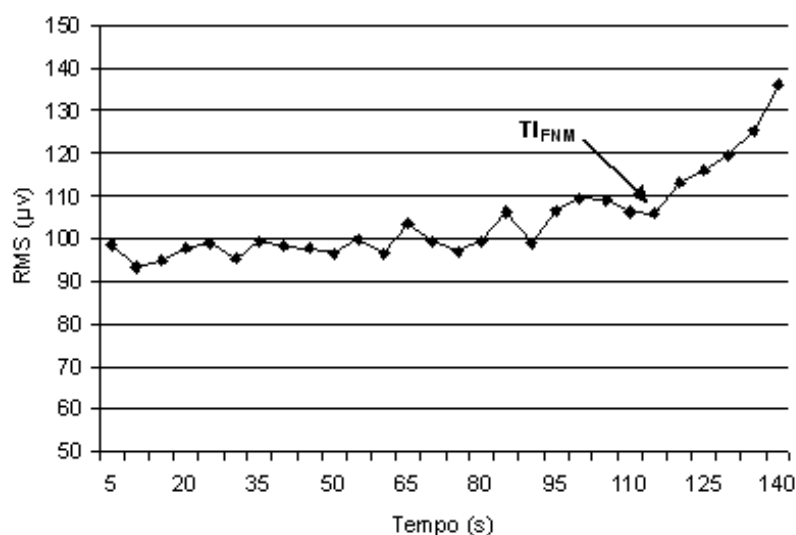


Figura 2. Tempo de início da fadiga neuromuscular (TI_{FNM}) (s) do músculo vasto lateral (VL) obtido pela perda da linearidade dos valores de RMS (μV) (TRIANA et al., 2006). Exemplo para um indivíduo.

Ingestão de cafeína

A ingestão de cafeína pura (CAF) (6 mg.kg^{-1}) ou maltodextrina-placebo (PLA) preparados e embalados em cápsulas gelatinosas, foi feita 60 min. antes do início dos T_{cons} em ordem aleatória, utilizando procedimento duplo cego. Após administração de CAF ou PL os sujeitos permaneceram em repouso durante o período que antecedeu o início do experimento para que ocorresse a absorção.

Tratamento estatístico

Após constatação da normalidade dos dados (teste de Shapiro Wilk) os valores médios de TI_{FNM} dos músculos RF, VM e VL nas condições CAF e PL, foram contrastados mediante aplicação do teste "t" de *Student* pareado. Todas as informações foram processadas no pacote computadorizado STATISTICA 6.0TM (STATSOFT®, USA). O nível de significância adotado para as análises foi $P < 0,05$.

Resultados

A Tabela 1 apresenta as características gerais dos sujeitos estudados.

Tabela 1. Características gerais dos sujeitos estudados. (n =9)

Variáveis	Média	DP
Idade (anos)	27,2	3,9
Massa corporal (kg)	73,7	12,3
Estatura (cm)	174,2	6,1
TI_{max} (w)	348,0	44,9
T_{cons} 110% W_{max} (w)	380,3	34,1

TI_{Max} = carga máxima obtida no teste incremental máximo; T_{cons} = carga relativa (110% W_{max}) utilizada no teste de carga constante.

O TE foi 15% maior na condição CAF comparada ao PLA ($132,3 \pm 8,4$ e $116,7 \pm 7,6$ s, $p < 0,05$; respectivamente).

Os resultados referentes ao TI_{FNM} (s) dos músculos VL, VM e RF nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL) estão descritos na Tabela 2. Diferença significativa foi constada entre os TI_{FNM} dos músculos VL, VM e RF quando comparadas às condições CAF e PL ($P < 0,05$).

Tabela 2. Valores médios do tempo de início da fadiga neuromuscular (TI_{FNM}) (s) dos músculos Vasto Lateral (VL), Vasto Medial (VM) e Reto Femoral (RF) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL). (n =9)

	TI_{FNM} VL (s)	TI_{FNM} VM (s)	TI_{FNM} RF (s)
CAF	83,33 ± 24,66*	81,67 ± 23,09*	77,00 ± 23,52*
PL	75,00 ± 25,98	75,00 ± 25,98	71,67 ± 27,54

*Diferença significativa entre as condições CAF e PL ($P < 0,05$).

Discussão

O propósito deste estudo foi analisar a influência da ingestão de CAF sobre a FNM dos músculos superficiais do quadríceps VL, VM e RF e o desempenho físico durante exercício supramáximo no ciclismo, uma vez que os mecanismos de ação da CAF neste tipo de exercício parece estar relacionado à maior propagação dos sinais neurais entre o cérebro e a junção neuromuscular (DAVIS et al., 2003), bem como a ação direta sobre o músculo esquelético potencializando o processo de contração muscular (LOPES et al., 1983).

Desse modo, foi constatado que a CAF aumentou em 15% o desempenho físico dos ciclistas estudados, bem como o TI_{FNM} dos músculos VL, VM e RF. Esses achados corroboram com relatos de Altimari et al. (2006) que sugerem a partir de uma extensa revisão que a ingestão de CAF melhora significativamente o desempenho em exercícios máximos e supramáximos de curta duração (<5 minutos), e que esta melhora possivelmente esteja associada à ação da CAF sobre o músculo esquelético.

Embora alguns estudos tenham utilizado exercícios isométricos em seu delineamento, as possibilidades levantadas anteriormente têm sido confirmadas mais recentemente por Plaskett e Cafarelli (2001) que analisaram a atividade EMG dos músculos do quadríceps femoral (QD) após administração de CAF (6 mg.kg^{-1}) e constataram aumento significativo no tempo de exaustão (17%) e redução da percepção de força durante os primeiros 10-20 s de contração. O que posteriormente foi confirmado em estudo de Walton et al. (2002) que investigou o efeito da ingestão de CAF (6 mg.kg^{-1}) sobre a atividade EMG dos músculos tibiais anteriores e verificou aumento significativo na frequência relativa de disparos nas unidades motoras do tibial anterior.

Entretanto, Kalmar e Cafarelli (1999) que investigaram o efeito da administração de CAF (6 mg.kg^{-1}) sobre a FNM do músculo VL por meio de sinais EMG constataram que a CAF aumentou a ativação voluntária máxima pela sua ação direta sobre o SNC, indicando que o mecanismo de ação periférica da CAF atua em menor intensidade. Adicionalmente, Kalmar e Cafarelli (2004), observaram redução significativa na fadiga muscular e estimativa de fadiga central consideravelmente reduzida após ingestão de CAF (6 mg.kg^{-1}). Diante desses achados os pesquisadores sugerem que a fadiga central parece contribuir diretamente para a FNM.

Assim, apesar de estudos que se propuseram analisar os efeitos da CAF sobre

o FNM em exercício dinâmicos sejam raros ou inexistentes, nossos achados sugerem que a ingestão de 6 mg.kg^{-1} de cafeína aumenta o tempo para início da fadiga neuromuscular, bem como melhora o desempenho durante exercício supramáximo no ciclismo. Sugere-se ainda que a modulação da FNM se dê pela ação da CAF em alguma porção do SNC.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento desta pesquisa (04/12589-0).

Referencias bibliográficas

ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Med* v. 35, p. 865-898, 2005.

ALTIMARI, L. R.; MELO, J. C.; TRINDADE, M. C. C.; CYRINO, E. S.; TIRAPÉGUI, J. O. Caffeine and aerobic physical exercise. *Braz J Soc Food Nutr* v. 31, p. 79-96, 2006.

ALTIMARI, L. R.; MORAES, A. C.; TIRAPÉGUI, J. O.; MOREAU, R. L. M. Caffeine and performance in anaerobic exercise. *Braz J Pharm Sci* v. 42, p. 17-27, 2006.

DAVIS, J. M.; ZHAO, Z.; STOCK, H. S.; MEHL, K. A.; BUGGY, J.; HAND, G. A. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* v. 284, p. 399-404, 2003.

DOHERTY, M. E SMITH, P.M. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* v. 15, p. 69-78, 2005

GRAHAM, T. E. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Med* v. 31, p. 785-807, 2001

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol* v. 10, p. 361-374, 2000.

KALMAR, J. M.; CAFARELLI, E. Effects of caffeine on neuromuscular function. *J Appl Physiol* v. 87, p. 801-808, 1999.

LOPES, J. M.; AUBIER, M.; JARDIM, J.; ARANDA, J. V.; MACKLEM, P. T. Effect of caffeine on skeletal muscle function before and after fatigue. *J Appl Physiol* v. 54, p. 1303-1305, 1983

MAËSTU, J.; CICHELLA, A.; PURGE, P.; RUOSI, S.; JURIMAE, J.; JURIMAE, T. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue. *J Strength Cond Res* v. 20, p. 824-828, 2006.

MAGKOS, F.; KAVOURAS, S.A. Caffeine and ephedrine: physiological, metabolic and performance-enhancing effects. *Sports Med* v. 34, p. 871-889, 2004.

PLASKETT, C. J.; CAFARELLI, E. Caffeine increases endurance and attenuates force sensation during submaximal isometric contractions. *J Appl Physiol* v. 91, p. 1535-1544, 2001.

SPRIET, L. S. Caffeine and performance. *Int J Sports Nutr* v. 5, p. S84-99, 1995.

TRIANA, R. O.; FONTES, E. B.; ALTIMARI, L. R.; OKANO, A. H.; BATISTA, A. R.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; MORAES, A. C. Behavior of electromyographic signal during supramaximal exercise of rectangular loads of rectus femoris, vastus medialis and vastus lateralis muscles. *Braz J Sci Mov* v. 14, p. S53-54, 2006.

WALTON, C.; KALMAR, J. M.; CAFARELLI, E. Effect of caffeine on self-sustained firing in human motor units. *J Physiol* v. 545, p. 671-679, 2002.