

Artigo Original

Efeito da ingestão de cafeína sobre o limiar de esforço percebido (LEP)

Ricardo Okada Triana ¹
Marcus Vinícius Machado ¹
Leandro Ricardo Altimari ¹
Eduardo Bodnariuc Fontes ¹
Bruno de Paula Caraça Smirmaul ¹
Ezequiel Moreira Gonçalves ¹
Alexandre Rosas Batista ¹
Alexandre Hideki Okano ^{1 2}
Antonio Carlos de Moraes ¹

¹ *Laboratório de Estudo Eletromiográficos e Grupo de Estudos do Sistema Neuromuscular da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, Campinas, SP, Brasil*
² *Curso de Educação Física da UFAL, Maceió, AL, Brasil*

Resumo: A cafeína é substância ergogênica utilizada para aprimorar o rendimento esportivo. Com efeitos centrais e periféricos, pode interferir na percepção de fadiga durante esforços exaustivos. O presente estudo objetivou investigar o efeito da ingestão de cafeína sobre o limiar de esforço percebido (LEP). Após estabelecer a carga máxima de trabalho (W_{max}) por teste incremental em cicloergômetro, oito homens realizaram quatro testes de carga constante (80, 90, 100 e 110% da W_{max}) sob ingestão de cafeína (CAF) ou placebo (PLA) para determinação do LEP. Para contrastar os dados, utilizou-se o teste “t” de Student pareado. Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de LEP em nenhuma das condições, porém, na condição CAF os testes constantes de 100 e 110% apresentaram maior tempo de exaustão ($P < 0,01$), e os testes de 80 e 100% apresentaram menor taxa de aumento da percepção subjetiva de esforço (PSE) ($P < 0,01$). De acordo com os resultados, é possível concluir que o LEP não foi modificado com a suplementação de CAF, mesmo com desempenho superior durante os testes mais intensos e atenuação da taxa de aumento da PSE nas cargas 80 e 100%.

Palavras-chave: Suplementação Alimentar. Fadiga. Esforço Físico. Psicofisiologia.

Effect of ingestion of caffeine on perceived exertion threshold (PET)

Abstract: Caffeine is an ergogenic substance used to enhance sports performance. With central and peripheral effects, it may influence the perception of fatigue during exhaustive efforts with central and peripheral effects. The present study aimed to investigate the effects of caffeine ingestion on the perceived exertion threshold (PET). After completing maximum work load (W_{max}) test on cycling ergometer, eight men executed four constant load tests (80, 90, 100 and 110% of W_{max}) under caffeine (CAF) or placebo (PLA) ingestion for PET determination. The “t” Student paired test was used to compare PET under the analyzed conditions. There were no significant differences between CAF and PLA conditions for PET. However, during 100 and 110% constant load tests, CAF conditions presented longer exhausting time ($P < 0,01$) and the tests between 80% and 100% presented lower increasing ratings of perceived exertion (RPE) ($P < 0,01$). According to the results, it is possible to conclude that PET was not modified with CAF supplementation, even with higher performance during the most intensive tests and attenuation of the increasing rate of RPE in 80% and 100% loads.

Key Words: Supplementary Feeding. Fatigue. Exertion. Psychophysiology.

Introdução

A constante busca dos desportistas por resultados cada vez melhores tem impulsionado estudiosos a desenvolver métodos de treinamento mais eficazes e testar recursos ergogênicos que auxiliem no desenvolvimento do atleta, seja sob ingestão aguda ou crônica.

Durante as últimas décadas, a transição entre o metabolismo aeróbio e anaeróbio tem sido alvo de diversas investigações. Esse índice oferece valiosas informações quanto a capacidade aeróbia do indivíduo, e pode ser utilizado também na prescrição e monitoramento da intensidade do esforço durante os treinamentos (LUCÍA et al., 1999, NAKAMURA et al., 2008), com implicações

na promoção da saúde ([HOLLMANN](#) et al., 2007), reabilitação ([FLEG](#), 2002), ou ainda no desporto de alto nível ([JOYNER; COYLE](#), 2008). A determinação dessa transição pode ser feita por métodos distintos baseados em diferentes parâmetros, como análises sanguíneas ([STEGMANN](#) et al., 1981, [HECK](#) et al., 1985), variáveis respiratórias ([WASSERMAN; MCILROY](#), 1964), trabalho mecânico ([PRINGLE; JONES](#), 2002), sinais eletromiográficos ([DEVRIES](#) et al., 1982; [MORITANI](#) et al., 1993), ou ainda pela percepção subjetiva de esforço (PSE) ([NAKAMURA](#) et al., 2005a). [Nakamura](#) et al. (2005b) utilizando a escala de Borg de 15 pontos ([BORG](#), 1982) verificou que PSE aumentava de forma linear com o incremento da velocidade da corrida aquática durante testes com carga constante. Com isso, utilizando os pressupostos da potência crítica (PC), a extrapolação linear da relação entre a potência e a taxa de aumento do esforço percebido estima uma intensidade, na qual, em teoria, poderia ser mantida estável indefinidamente sem aumento da PSE. Denominado de limiar de esforço percebido (LEP), esse método tem se mostrado bastante interessante por seu baixo custo operacional, fácil aplicação e estreita relação com outros índices fisiológicos já consagrados na literatura ([PERANDINI](#) et al., 2007, [NAKAMURA](#) et al., 2005a).

Ainda não se entende ao certo como a demanda energética despendida durante a atividade física é processada pelo cérebro, que a interpreta na forma de PSE, entretanto existem algumas teorias que tentam explicá-la. [St Clair Gibson e Noakes](#) (2004) explicam que a PSE é oriunda de cálculos realizados pela parte subconsciente do cérebro que, baseada nos “feedbacks” de órgãos periféricos e receptores centrais, informa a parte consciente do cérebro da necessidade de aumento de comandos eferentes para manutenção da homeostase, sendo esse processo manifestado através do aumento na sensação de fadiga.

A cafeína tem mostrado efeito ergogênico eficiente na promoção do desempenho esportivo ([STUART](#) et al., 2005, [SCHNEIKER](#) et al., 2006, [DEL COSO](#) et al., 2008). Essa substância tem sido utilizada com intuito de protelar a fadiga e aumentar o poder contrátil do músculo esquelético e/ou cardíaco, com conseqüente melhora em exercícios de longa duração,

melhorando a eficiência metabólica dos sistemas energéticos durante o esforço ([SINCLAIR](#) et al., 2000, [ALTIMARI](#) et al., 2006), como em exercícios intensos de curta duração ([WILES](#) et al., 1992, [BELL](#) et al., 2001). Entretanto os resultados encontrados pela literatura até o momento ainda não são claros quanto ao uso, efeito e mecanismos de ação da cafeína ([GANDEVIA; TAYLOR](#), 2006). [Altimari](#) et al. (2001), e mais recentemente [Jones](#) (2008), sugerem que a ingestão aguda de cafeína gera alterações sobre estruturas periféricas e centrais do organismo humano, e podem ser explicadas de três maneiras: ação sobre o sistema nervoso central (SNC); sobre co-produtos do músculo esquelético; e aumento na oxidação das gorduras e redução na oxidação de carboidratos. Em relação à ação sobre o SNC, os efeitos são muitos e, provavelmente, incluem alterações da atividade simpática, no recrutamento motor, estados emocionais, percepção de dor e PSE ([GRAHAM](#), 2001, [DOHERTY](#) et al., 2004, [KEISLER; ARMESEY](#), 2006, [JONES](#), 2008).

Sendo assim, a PSE pode sofrer influência ocasionada pelo uso de cafeína, substância com efeitos centrais e periféricos utilizada para melhorar o desempenho, levando à alterações no LEP. A partir dessa hipótese, o presente estudo teve como propósito verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína sobre o LEP.

Métodos

Sujeitos

Participaram voluntariamente deste estudo oito homens saudáveis ativos fisicamente com 25,7 anos ($\pm 3,4$) de idade, 82,0kg ($\pm 9,1$) de massa corporal e 1,80 m ($\pm 0,05$). Todos os sujeitos após receberem informações sobre as finalidades da presente investigação e procedimentos aos quais seriam submetidos, assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da UNICAMP.

Delineamento Experimental

O presente estudo foi realizado num período de cinco semanas no qual, inicialmente, os sujeitos compareceram ao laboratório para realizar medidas antropométricas de massa corporal e estatura para caracterização da amostra. Posteriormente, todos os sujeitos foram

submetidos a teste incremental máximo (TI_{max}) realizado em cicloergômetro eletromagnético (Corival 400™, Quinton®), com carga inicial de 0 W e incrementos de 20 W por minuto, com cadência de 60 rotações por minuto (rpm) até a exaustão voluntária. O teste foi precedido por três minutos de aquecimento a 50 W com mesma cadência. Como critério de interrupção de todos os testes, adotou-se a queda na cadência de pedalada em mais de três rpm sem recuperação por mais de cinco segundos. Em TI_{max} foi determinada a maior carga de trabalho (W_{max}) mantida por pelo menos 30 s, que foi utilizada para estimar as intensidades dos testes de carga constante (W_{lim}).

Em todos os procedimentos de avaliação foram controladas a temperatura ambiente e umidade relativa do ar, sendo mantidas entre 21 e 24°C e 40 e 60%, respectivamente. Vale ressaltar que os sujeitos foram testados sempre na mesma hora do dia, a fim de minimizar os efeitos da variação biológica circadiana. Os

mesmos foram ainda orientados a não realizarem atividades físicas vigorosas, bem como evitar a ingestão de comidas e bebidas cafeinadas e/ou alcoólicas no período do experimento. Para a familiarização com os protocolos de testes e equipamentos utilizados, os voluntários foram submetidos a estudo piloto.

Protocolo de determinação do limiar de esforço percebido (LEP)

Para estimativa do limiar de esforço percebido (LEP) todos os sujeitos realizaram quatro testes preditivos de W_{lim} em cicloergômetro, administrados de forma aleatorizadas em duas condições distintas, após a ingestão de cafeína ou placebo, nas intensidades de 80% (W_{lim1}), 90% (W_{lim2}), 100% (W_{lim3}) e 110% (W_{lim4}) da W_{max} , em cadência de 60 rpm até a exaustão voluntária. O intervalo mínimo adotado entre os testes foi de 72 horas.

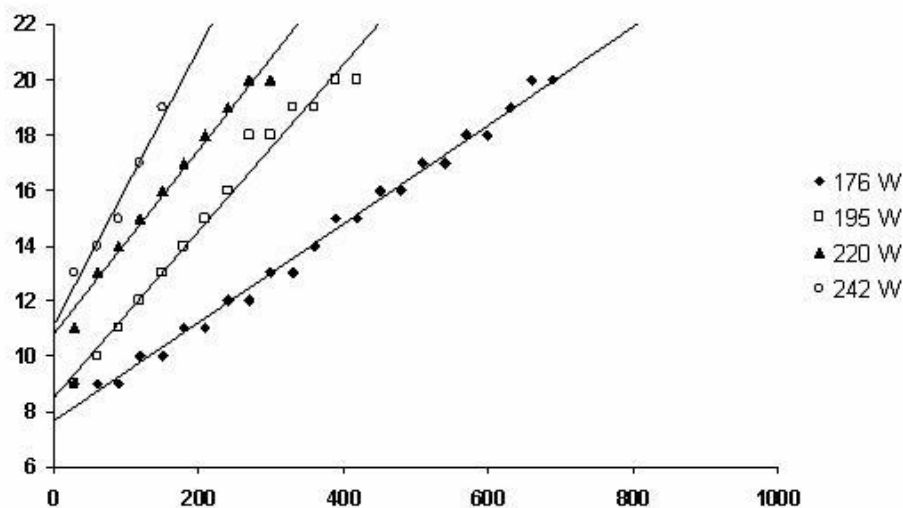


Figura 1. Aumento do esforço percebido ao longo do tempo durante quatro testes preditivos de carga constante exaustivos em um sujeito.

Os indivíduos foram instruídos a reportar o esforço percebido de acordo com a escala de 15 pontos de Borg, a cada 30s de exercício. Os coeficientes angulares determinado por regressão linear entre PSE e tempo (eixo x), para todos os testes, foram utilizados para estimar o LEP (figura 1). A relação entre esses coeficientes

angulares (eixo y) e a potência (eixo x) apresentou forte linearidade para todos voluntários. O LEP foi definido como o ponto de intersecção da reta de regressão linear no eixo da potência (Figura 2) (NAKAMURA et al., 2005b). Dessa forma, o LEP equivale à intensidade em que a taxa de aumento do esforço percebido seria zero.

Foram estimados também o erro padrão de estimativa (EPE) de LEP e o coeficiente de

determinação (R^2) relacionado ao ajuste dos dados experimentais à equação.

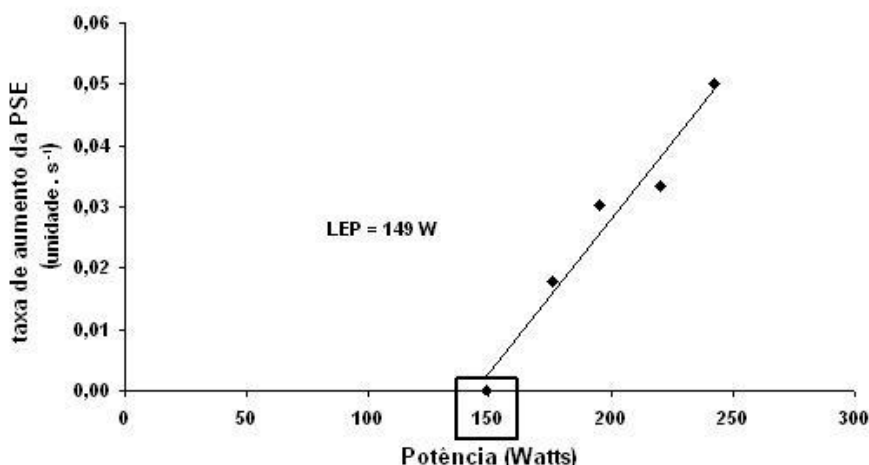


Figura 2. Determinação do limiar de esforço percebido (LEP) através da relação linear entre a taxa de aumento do esforço percebido e a potência (W) em um sujeito.

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 minutos antes do início dos testes de W_{lim} em ordem randomizada, utilizando procedimento duplo cego. Após a administração de CAF ou PLA, os sujeitos permaneceram em repouso durante uma hora no período que antecedeu o início dos testes para que ocorresse a absorção.

Tratamento Estatístico

Após constatação da normalidade dos dados (teste de Shapiro Wilk), os mesmos foram contrastados mediante aplicação do teste "t" de Student pareado entre as condições CAF e PLA. Todas as informações foram processadas no pacote computadorizado STATISTICA 6.0TM

(STATSOFT[®], OK, USA). O nível de significância adotado para as análises foi $P < 0,05$.

Resultados

A média da potência máxima alcançada pelos sujeitos durante $T_{I_{max}}$ foi $280,0 \pm 30,5$ W, a qual serviu de referência para a determinação das intensidades para os W_{lim} , que variaram entre 212 e 330 W.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios dos tempos de exaustão (t_{lim}) correspondentes aos W_{lim} utilizados para o cálculo do LEP nas condições CAF e PLA. Não foram observadas diferenças significativas no t_{lim} entre as condições CAF e PLA nas W_{lim1} , W_{lim2} , contudo, nas cargas mais intensas (W_{lim3} e W_{lim4}), os t_{lim} foram significativamente maiores na condição CAF comparada a PLA ($P < 0,01$).

Tabela 1. Valores médios (\pm DP) dos tempos de exaustão (t_{lim}) correspondentes às potências (W_{lim}) utilizadas para o cálculo do LEP nas condições cafeína (CAF) e placebo (PLA) (n = 8).

	W_{lim1}		W_{lim2}		W_{lim3}		W_{lim4}	
	CAF	PLA	CAF	PLA	CAF	PLA	CAF	PLA
t_{lim} (s)	1089,0	1059,8	468,0	429,7	280,0*	251,4	187,6*	160,7
	($\pm 288,4$)	($\pm 254,4$)	($\pm 139,5$)	($\pm 68,0$)	($\pm 80,8$)	($\pm 74,9$)	($\pm 40,9$)	($\pm 41,6$)

*Diferença significativa entre as condições CAF e PLA ($P < 0,01$).

Os resultados do LEP, EPE e R^2 nas condições CAF e PLA são apresentados na

Tabela 2. Nenhuma diferença significativa foi constatada entre os valores correspondentes ao

LEP, EPE e R^2 nas condições CAF e PLA ($P > 0,05$).

Tabela 2. Valores médios (\pm DP) do limiar de esforço percebido (LEP), do erro padrão de estimativa (EPE) e do coeficiente de determinação (R^2) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PLA) ($n = 8$).

Parâmetros	CAF	PLA	t	P
LEP (W)	198,18 $\pm 30,68$	192,06 $\pm 34,90$	1,77	0,11
EPE (W)	12,21 $\pm 5,76$	13,16 $\pm 8,82$	-0,32	0,75
R^2	0,97 $\pm 0,03$	0,95 $\pm 0,07$	0,92	0,38

A tabela 3 apresenta os valores das taxas de aumento da PSE nas condições CAF e PLA para as intensidades W_{lim1} , W_{lim2} , W_{lim3} e W_{lim4} . As intensidades W_{lim1} e W_{lim3} apresentaram taxa de aumento da PSE menor na condição CAF que na condição PLA ($p < 0,01$)

Tabela 3. Valores médios (\pm DP) da taxa de aumento da PSE (T_{XPSE}) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PLA) nas intensidades W_{lim1} , W_{lim2} , W_{lim3} e W_{lim4} .

	W_{lim1}		W_{lim2}		W_{lim3}		W_{lim4}	
	CAF	PLA	CAF	PLA	CAF	PLA	CAF	PLA
T_{XPSE}	0,25 * ($\pm 0,10$)	0,30 ($\pm 0,12$)	0,71 ($\pm 0,26$)	0,73 ($\pm 0,17$)	1,20 * ($\pm 0,48$)	1,47 ($\pm 0,57$)	1,91 ($\pm 0,69$)	1,81 ($\pm 0,55$)

*Diferença significante entre as condições CAF e PLA ($P < 0,01$).

Discussão

O objetivo do presente estudo foi verificar se a ingestão aguda de CAF seria capaz de gerar suficiente atenuação da taxa de aumento de PSE durante as cargas preditivas, para assim alterar o LEP. No entanto, os achados dessa investigação demonstraram que o LEP não se alterou com a ingestão de CAF, mesmo com o prolongamento do tempo de exaustão das cargas mais intensas.

Dentre os mecanismos de ação da CAF conhecidos, [Spriet e Howlett](#) (2000) sugerem que a ingestão dessa substância pode gerar redução na PSE durante a mesma intensidade de esforço, ou ainda, aumentar o trabalho realizado no mesmo valor de PSE. Esses autores indicam que tal fato poderia ser causado pela diminuição do limiar de ativação neural dos motoneurônios e/ou alterações na força de contração muscular. Assim, para a manutenção da força aplicada com mesma quantidade de unidades motoras recrutadas seria necessário menor estímulo neural. Essa atenuação também induziria a diminuição do processamento sensorial muscular, reduzindo a PSE. Dessa forma, esperava-se

diminuição das taxas de aumento de PSE durante as cargas preditivas sob suplementação de CAF, fato comprovado pelos resultados nas cargas W_{lim1} e W_{lim3} (Tabela 3).

[Noakes](#) (2004) demonstrou que mesmo em testes com diferentes condições energéticas e tempos de exaustão, a taxa de aumento da PSE foi semelhante quando normalizada em relação ao tempo de teste. [Eston](#) et al. (2007) demonstraram o mesmo comportamento da PSE em condição de fadiga e sem fadiga, atrelando esse aspecto ao componente antecipatório. No entanto, sem a normalização dos dados no presente estudo a CAF também não gerou diminuição dos valores de PSE entre as condições de suplementação. [Hadjicharalambous](#) et al. (2006) analisando esforços de maior duração (30 e 90 min), verificaram atenuação dos valores de PSE sob suplementação de CAF com concomitante aumento de algumas variáveis fisiológicas, porém, sem alteração no desempenho. Os autores atribuíram os achados aos mecanismos de ação de CAF sobre o SNC.

Sendo a escala de Borg limitada ao valor máximo 20, um prolongamento do tempo de exaustão com mesmo valor inicial de PSE diminuiria sua taxa de aumento. Dessa forma, a determinação de LEP pode ser influenciada, uma vez que a regressão linear entre as taxas de aumento de PSE e as respectivas cargas apresentaria maior ou menor inclinação, dependendo das cargas preditivas em que houve prorrogação da exaustão. Contudo, se os tempos de exaustão não se alterassem entre as condições estudadas e os sujeitos alcançassem os valores máximos da escala (20) e os valores iniciais de PSE fossem menores para CAF, as taxas de aumento seriam maiores e, conseqüentemente o LEP seria menor. As considerações apresentadas questionam a aplicabilidade do LEP sob os efeitos da suplementação de CAF, uma vez que mesmo com a alteração de alguns indicadores o LEP não se modificou, porém, não foram realizados testes, na intensidade do LEP, com medidas fisiológicas que pudessem comprovar a alteração desta variável. Ainda, estudos prévios indicam que LEP apresenta alta correlação com a potência crítica, mesmo quando determinado por protocolos com diferentes tipos de exercício (NAKAMURA et al., 2005a, 2005b), mostrando ser um bom indicador de capacidade aeróbia (PERANDINI et al., 2007).

Outro importante aspecto a ser considerado pelos presentes resultados foi o significativo aumento do tempo de exaustão durante os testes de cargas constantes mais intensas (100 e 110 % da W_{max}), utilizados para determinação do LEP sob suplementação de CAF. Os achados aludem para a ação de CAF sobre o SNC, já que o pouco tempo para a exaustão não seria suficiente para uma significativa depleção localizada dos estoques de glicogênio (GREER et al., 2000), assim minimizando o possível efeito do mecanismo de ação sobre o aumento de oxidação de lipídeos e conseqüente economia do glicogênio muscular (GRAHAM, 2001). Bell et al. (2001) também reportaram efeitos benéficos em exercícios curtos de alta intensidade e sugeriram que a produção de ATP derivado da glicólise anaeróbia poderia ter sido elevada em resultado do aumento de adrenalina após ingestão de cafeína. No entanto, outra possível explicação sugere a ação localizada sobre o músculo esquelético. Dentre essas ações destacamos as alterações da atividade de bombeamento de sódio e potássio e o aumento na mobilização de

cálcio através do retículo sarcoplasmático e, conseqüentemente, aumento dos níveis intracelulares de cálcio nos músculos, facilitando a estimulação-contracção do músculo esquelético, aumentando a eficiência da contracção (DAVIS et al., 2003). A suplementação de CAF pode ainda gerar inibição sobre enzimas metabólicas, como a fosfodiesterase e a fosforilase, possibilitando alterações na concentração de adenosina monofosfato cíclica. Porém, acredita-se que as concentrações de CAF necessárias para causar este efeito são bem superiores às utilizadas no presente estudo (DAVIS et al, 2003, YAMADA et al., 1989).

Graham (2001) relata que dentre os diversos mecanismos de ação de CAF identificados, o mais importante dentro das concentrações fisiológicas é a inibição dos receptores de adenosina. Esse neurotransmissor desempenha importante função na regulação do fluxo sanguíneo e age como modulador inibitório da excitabilidade neural e da transmissão sináptica do cérebro via ativação dos seus receptores (DUNWIDDIE; FREEDHOLM, 1989, LATINI; PEDATA, 2001). Uma das inibições da adenosina é sobre a dopamina, neurotransmissor que estimula a atividade do SNC.

A CAF, por possuir estrutura molecular semelhante à adenosina, ocupa alguns de seus receptores e minimiza o efeito desse neurotransmissor sobre o organismo. Assim, a dopamina passa a ser menos inibida, aumentando suas concentrações durante o exercício. Meeusen et al. (2006) sugerem que a diminuição da razão serotonina/dopamina favorece a melhora do desempenho através da manutenção da motivação. Dada a estreita relação entre os neurotransmissores e neuromodulares e o humor individual, sabe-se que a percepção do esforço e sua relação de bem-estar para iniciar e continuar o exercício pode ser significativamente influenciada pelo SNC (GANDEVIA, 2001, NYBO; SECHER, 2004). Neste sentido, a não alteração do tempo de exaustão durante as cargas de 80 e 90 % de W_{max} sob suplementação de CAF pode ser atribuída aos aspectos motivacionais, uma vez que durante exercícios cíclicos de maior duração aliado a prolongada sensação de fadiga, poderia induzir a possível exaustão precoce do exercício, mesmo sobre forte encorajamento verbal. Essas respostas poderiam mascarar os possíveis

efeitos de CAF sobre as cargas menos intensas, por estas possivelmente terem maior propensão à variabilidade às respostas individuais. Contudo, no presente estudo, a alteração desses neurotransmissores não foi monitorada, bem como o estado motivacional dos sujeitos, dificultando as possíveis conclusões sobre os resultados. Além disso, os efeitos de inibição de adenosina sob a suplementação de CAF ainda não são claros, pois a presença de seus receptores em diversos órgãos e sistemas orgânicos dificulta a identificação das respostas ocorridas.

Jones (2008) sugere que os mecanismos de ação da CAF que atuam sobre estruturas centrais e periféricas do organismo são muitos, manifestando-se de forma integrada durante o exercício. Portanto, há grande dificuldade em atribuir uma resposta a um mecanismo isolado.

Conclusão

A partir dos resultados é possível concluir que LEP não foi alterada pelos mecanismos de ação de CAF, no entanto essa substância demonstrou ser eficaz para prolongar o tempo de exaustão nas cargas mais intensas e atenuar a taxa de aumento da PSE nas cargas W_{lim1} e W_{lim3} . Sugere-se a realização de novos estudos monitorando diferentes variáveis fisiológicas e psicofisiológicas com intuito de compreender melhor a influência dos mecanismos de ação de CAF sobre o LEP.

Referências

[ALTIMARI, L. R.](#); CYRINO, E. S.; ZUCAS, S. M.; OKANO, A. H.; BURINI, R. C. Cafeína: ergogênico nutricional no esporte = Caffeine: nutritional ergogenic in sports. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, DF, v.9, n.3, p.57-64, 2001. Disponível em: http://www.ucb.br/mestradoef/RBCM/9/9%20-%203/completo/c_9_3_8.pdf Acesso em: 31 jan. 2008.

[ALTIMARI, L. R.](#); MORAES, A. C.; TIRAPEGUI, J.; MOREAU, R. L. M. Cafeína e performance em exercícios anaeróbios. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas = Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v.42, n.1, p.17-27, 2006. Disponível em: <http://www.rbcf.usp.br/Edicoes/Volumes/v42n1/PDF/v42n1p17-27.pdf> Acesso em: 31 jan. 2008.

[BELL, D. G.](#); JACOBS, I.; ELLERINGTON, K. Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.33, n.8, p.1399-1403, 2001. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-200108000-00024.htm;jsessionid=J1HfZvtQtgMH3Mfnn5y4t6xYYQMX6Rxp0YgmSKJTnWbPpFDg133N!559528755!181195629!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2008.

[BORG, G.](#) Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.14, n.5, p.377-381, 1982. Disponível em: <http://www.acsm-msse.org/pt/re/msse/abstract.00005768-198205000-00012.htm;jsessionid=J1LSHZq6CH04HMv11d2JfZ5L70jkqgr1rYnJdXHyM192hlLCXv!559528755!181195629!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2008.

[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. **American Journal of Physiology. Regulatory and Integrative Comparative Physiology**, Bethesda, v.284, n.2, p.399-404, 2003. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpregu.00386.2002>

[DEL COSO, J.](#); ESTEVEZ, E.; MORA-RODRIGUEZ, R. Caffeine effects on short-term performance during prolonged exercise in the heat. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.40, n.4, p.744-751, 2008. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181621336>

[DEVRIES, H. A.](#); MORITANI, T.; NAGATA, A.; MAGNUSSEN, K. The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. **Ergonomics**, London, v.25, n.9, p.783-91, 1982. <http://dx.doi.org/10.1080/00140138208925034>

[DOHERTY, M.](#); SMITH, P. M.; HUGHES, M. G.; DAVISON, R. C. R. Caffeine lowers perceptual response and increases power output during high-intensity cycling. **Journal of Sports Sciences**, London, v.22, p.637-643, 2004. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410310001655741>

[DUNWIDDIE, T. V.](#); FREDHOLM, B.B. Adenosine A₁ receptors inhibit adenylate cyclase activity and neurotransmitter release and hyperpolarize pyramidal neurons in rat hippocampus. **The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, Baltimore, v.249, n.1, p.31-37, 1989. Disponível em:

<http://jpet.aspetjournals.org/cgi/content/abstract/249/1/31> Acesso em: 31 jan. 2008.

ESTON, R.; FAULKNER, J.; ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T. D.; PARFITT, G. The effect of antecedent fatiguing activity on the relationship between perceived exertion and physiological activity during a constant load exercise task. **Psychophysiology**, Baltimore, v.44, p.779-786, 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00558.x>

FLEG, J. L. Can exercise conditioning be effective in older heart failure patients? **Heart Failure Review**, Norwell, v.7, n.1, p.99-103, 2002. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013758008044>

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, Bethesda, v.81, n.4, p.1725-1789, 2001. Disponível em: <http://physrev.physiology.org/cgi/content/abstract/81/4/1725> Acesso em: 31 jan. 2008.

GANDEVIA, S. C.; TAYLOR, J. L. Supraspinal fatigue: the effects of caffeine on human muscle performance. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.100, p.1749-1750, 2006. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00121.2006>

GRAHAM, T. E. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. **Sports Medicine**, Auckland, N. Z., v.31, n.11, p.785-807, 2001. Disponível em: <http://sportsmedicine.adisonline.com/pt/re/spo/abstract.00007256-200131110-00002.htm;jsessionid=JHzJH6n6XQsvmZ9V59y4hgry1jTNStXxv1D6cQ7ZDZpQvjyxMrT1!-26702612!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2008.

GREER, F.; FRIARS, D.; GRAHAM, T. E. Comparison of caffeine and theophylline ingestion: exercise metabolism and endurance. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.89, n.5, p.1837-1844, 2000. Disponível em: <http://jap.physiology.org/cgi/content/abstract/89/5/1837> Acesso em: 31 jan. 2008.

HADJICHARALAMBOUS, M.; GEORGIADIS, E.; KILDUFF, L. P.; TURNER, A. P.; TSOFLIOU, F.; PITSILADIS, Y. P. Influence of caffeine on perception of effort, metabolism and exercise performance following a high-fat meal. **Journal of Sports Sciences**, London, v.24, n.8, p.875-87, 2006. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410500249399>

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, n.3, p.117-30, 1985.

HOLLMANN, W.; STRÜDER, H. K.; TAGARAKIS, C. V. M.; KING, G. Physical activity and the elderly. **European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation**, London, v.14, n.6, p.730-739, 2007. Disponível em: <http://www.jcardiovascularrisk.com/pt/re/ejcvpr/abstract.00149831-200712000-00003.htm;jsessionid=JBcJvyhQGV8QwGxVPnRk6ndZggxPbyzf2kws4v7DhJTJXnp3gJxZ!-26702612!181195628!8091!-1> Acesso em: 31 jan. 2008.

JONES, G. Caffeine and other sympathomimetic stimulants: modes of action and effects on sports performance. **Essays in Biochemistry**, London, v.44, p.109-123, 2008.

JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. **Journal of Physiology**, London, v.586, n.1, p.35-44, 2008. <http://dx.doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>

KEISLER, B. D.; ARMSEY II, T. D. Caffeine as an ergogenic aid. **Current Sports Medicine Reports**, Philadelphia, v.5, p.215-219, 2006.

LATINI, S.; PEDATA, F. Adenosine in the central nervous system: release mechanisms and extracellular concentrations. **Journal of Neurochemistry**, Oxford, v.79, n.3, p.463-484, 2001. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1471-4159.2001.00607.x>

LUCÍA, A.; SÁNCHEZ, O.; CARVAJAL, A.; CHICHARRO, J. L. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v.33, n.3, p.178-185, 1999. Disponível em: <http://bjsm.bmj.com/cgi/content/abstract/33/3/178> Acesso em: 31 jan. 2008.

MEEUSEN, R.; WATSON, P.; HASEGAWA, H.; ROELANDS, B.; PIACENTINI, M. F. Central fatigue: the serotonin hypothesis and beyond. **Sports Medicine**, Auckland, N. Z., v.36, n.10, p.881-909, 2006. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=22557871&site=ehost-live> Acesso em: 31 jan. 2008.

MORITANI, T.; TAKAISHI, T.; MATSUMOTO, T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.74, n.4, p.1729-34, 1993. Disponível em: <http://jap.physiology.org/cgi/content/abstract/74/4/1729> Acesso em: 31 jan. 2008.

NAKAMURA, F. Y.; BRUNETTO, A. F.; HIRAI, D. M.; ROSEGUINI, B. T.; KOKUBUN, E. O limiar de

esforço percebido (LEP) corresponde à potência crítica e a um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.11, n.3, p.197-202, 2005a.

<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922005000300009>

NAKAMURA, F. Y.; GANCEDO, M. R.; SILVA, L. A. D.; LIMA, J. R. P. D.; KOKUBUN, E. Use of perceived exertion in determining critical velocity in deep water running. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.11, n.1, p.1-5, 2005b. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922005000100001>

NAKAMURA, F. Y.; OKUNO, N. M.; PERANDINI, L. A. B.; CALDEIRA, L. F. S.; SIMÕES, H. G.; CARDOSO JÚNIOR, R.; BISHOP, D.J. Critical power can be estimated from non-exhaustive tests based on rating of perceived exertion responses. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.22, n.3, p.937-943, 2008. <http://www.nscsajscr.org/pt/re/jsr/abstract.00124278-200805000-00041.htm?jsessionid=JRFLspKJMZOG61DnJfvLzjwqXYmF9Rk1gVTvhQJbYKSDg9lzwFS2!-2112048807!181195629!8091!-1>

NOAKES, T. D. Linear relationship between the perception of effort and the duration of constant load exercise that remains. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.96, p.1571-1573, 2004. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01124.2003>

NYBO, L.; SECHER, N. H. Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. **Progress in Neurobiology**, Oxford, v.72, n.4, p.223-261, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pneurobio.2004.03.005>

PERANDINI, L. A. B.; OKUNO, N. M.; HIRAI, D. M.; SIMÕES, H. G.; CYRINO, E. S.; NAKAMURA, F. Y. Comparação entre limiar de esforço percebido e indicadores de máximo estado estável de lactato em exercício intermitente. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v.9, n.4, p.351-357, 2007. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/4103> Acesso em: 31 jan. 2008.

PRINGLE, J. S.; JONES, A. M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.88, n.3, p.214-26, 2002. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-002-0703-4>

SCHNEIKER, K. T.; BISHOP, D.; DAWSON, B.; HACKETT, L. P. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes.

Medicine & Science in Sports and Exercise, Hagerstown, v.38, n.3, p.578-585, 2006. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000188449.18968.62>

SINCLAIR, C. J. D.; GEIGER, J. D. Caffeine use in sport: a pharmacological review. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.40, n.1, p.71-79, 2000.

SPRIET, L. L.; HOWLETT, R. A. Caffeine. In: MAUGHAN, R. J. **Nutrition in sport**. Oxford: Blackwell Science, 2000. p.379-392.

ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T. D. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v.38, p.797-806, 2004. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2003.009852>

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.2, n.3, p.160-165, 1981.

STUART, G. R.; HOPKINS, W. G.; COOK, C.; CAIRNS, S.P. Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.37, n.11, p.1998-2005, 2005. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000177216.21847.8a>

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **The American Journal of Cardiology**, New York, v.14, p.844-52, 1964.

WILES, J. D.; BIRD, S. R.; HOPKINS, J.; RILEY, M. Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500-m treadmill running. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v.26, n.2, p.116-120, 1992. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.26.2.116>

YAMADA, Y.; NAKAZATO, Y. OHGA, A. The mode of action of caffeine on catecholamine release from perfused adrenal glands of cat. **British Journal of Pharmacology**, London, v.98, n.2, p.351-356, 1989. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1854738> Acesso em: 31 jan. 2008.

Suporte Financeiro: FAPESP, CNPq e CAPES

Endereço:

Ricardo Okada Triana
Faculdade de Educação Física, UNICAMP
Av. Érico Veríssimo 701,
Cidade Universitária Barão Geraldo
Campinas SP Brasil.
13081-970
e-mail: rtriana@uol.com.br

Recebido em: 13 de agosto de 2008.

Aceito em: 15 de setembro de 2008.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro,
SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob
[Licença Creative Commons](#)