

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS

FELIPE ROSA MESSIAS
VITOR LOUREIRO DA SILVA

**EFEITO DA INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA SOBRE O
DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS DE FORÇA**

VITÓRIA
2012

FELIPE ROSA MESSIAS
VITOR LOUREIRO DA SILVA

EFEITO DA INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA NO DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS DE FORÇA

Trabalho de conclusão do curso de
Bacharelado em Educação Física do
Centro de Educação Física e
Desportos da Universidade Federal do
Espírito Santo.

Orientador: Prof. Ms Lucas Guimarães
Ferreira

VITÓRIA
2012

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
INTRODUÇÃO.....	5
METODOLOGIA.....	8
RESULTADOS.....	10
DISCUSSÃO.....	14
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	17
REFERÊNCIAS.....	18

RESUMO

São bem documentados na literatura científica os efeitos benéficos da ingestão de cafeína no desempenho atlético, especialmente em exercício prolongado, de caráter predominantemente aeróbico. Além disso, há evidências crescentes de sua aplicação em exercícios de curta duração e alta intensidade. O presente trabalho tem como objetivo investigar os efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho em exercícios de força a 80% de 1 repetição máxima (1RM). Para tanto, 12 homens adultos saudáveis ($20,9 \pm 0,36$ anos) foram submetidos à ingestão de cafeína (5 mg/kg de peso corporal) ou placebo, através de um delineamento cruzado duplo-cego. A ingestão foi realizada 60 minutos antes da realização de 3 séries do exercício supino e 3 séries do exercício *leg press*, com 1 minutos de intervalo entre as séries e 5 minutos de intervalo entre os exercícios. A ingestão de cafeína promoveu um aumento de volume total levantado de 18% no supino ($P>0,05$) e de 37,21% no *leg press* ($P<0,05$). Além disso, a ingestão de cafeína promoveu uma tendência de aumento na disposição mental para a exercício em ambos os exercícios (supino: $P=0,07$; *leg press*: $P=0,06$). Em suma, a ingestão prévia de cafeína parece promover um aumento no volume total levantado durante repetidas séries de exercício de força para membros inferiores a 80% de 1RM e atuar favoravelmente na disposição mental para a prática do exercício.

INTRODUÇÃO

Os suplementos nutricionais vêm sendo utilizados em larga escala nos últimos anos tanto para melhoria do desempenho esportivo quanto para estética e saúde da população (NIH, 2000). Substâncias ergogênicas podem atuar, por exemplo, no aumento da mobilização de substratos para os músculos ativos durante os exercícios físicos, aumento do anabolismo proteico, diminuição da percepção subjetiva de esforço e promovendo a reposição hidroeletrolítica adequada (ALTIMARI et al., 2000). Assim, podem contribuir de forma significativa na melhoria do desempenho atlético (CLARKSON, 1996).

A cafeína – uma 1,3,7 tri-metilxantina – é metabolizada no fígado a dimetilxantinas (paraxantina, teobromina e teofilina) e parece exercer ações em vários tecidos do organismo, tanto centrais quanto periféricos (GRAHAM, 2001).

Os efeitos centrais da cafeína parecem envolver o antagonismo aos receptores de adenosina no sistema nervoso central (SNC). As ações da adenosina compreendem o aumento da percepção dolorosa, indução do sono e redução da atividade locomotora espontânea (SWYNOK, 1998). Desta forma, sugere-se que os efeitos ergogênicos da cafeína no desempenho anaeróbico se devem, em grande parte, a estes efeitos sobre o SNC (DAVIS; GREEN, 2009). Foi demonstrado que a cafeína atua como um inibidor não seletivo da adenosina, atravessando facilmente a barreira hemato-encefálica por difusão simples e ligando-se com maior afinidade aos receptores de adenosina A₁ e A_{2a} (McCALL et al., 1982). Ao inibir a sensação dolorosa, a cafeína poderia manter a taxa de disparo das unidades motoras musculares e atrasar, assim, o desenvolvimento da fadiga. Outros efeitos atribuídos à cafeína e que podem contribuir com o desempenho em atividades de alta intensidade incluem o estímulo sobre a liberação sarcoplasmática de cálcio, a atenuação da saída de K⁺ das células musculares e o aumento da atividade da Na⁺-K⁺ ATPase (LINDINGER et al, 1996).

No meio esportivo, sua ingestão antes da prática da atividade poderia atuar positivamente sobre o desempenho, ao protelar a fadiga (DAVIS; GREEN, 2009). São bem documentados na literatura científica os efeitos

ergogênicos da ingestão de cafeína no desempenho atlético, especialmente em exercício prolongado, de caráter predominantemente aeróbico. Costill et al. (1978) examinaram os efeitos da ingestão de 330 mg de cafeína 1h antes de uma sessão de exercício em cicloergômetro a 80% do $\text{VO}_2\text{máx}$ até a exaustão. Os autores verificaram que indivíduos suplementados com cafeína apresentaram um aumento de 19,2% no tempo até a exaustão, quando comparados aos que ingeriram placebo. Graham e Spriet (1991), por sua vez, corroboram estes achados e relataram que o grupo que ingeriu 9mg/kg antes do exercício a 80% do $\text{VO}_2\text{máx}$ apresentou um ganho de 42 a 51% no tempo até a exaustão.

Em contrapartida, dados disponíveis na literatura sobre o impacto da ingestão de cafeína sobre o desempenho em atividades de alta intensidade e curta duração são ainda escassos e muitas vezes conflitantes. Por exemplo, Duncan et al. (2011) investigaram os efeitos da ingestão de 5 mg de cafeína por kg de peso sobre o desempenho de força no exercício supino. O grupo suplementado apresentou uma capacidade aumentada de realizar repetições a 60% de 1 RM até a falha concêntrica, quando comparado ao grupo controle, além de menores níveis de percepção de fadiga e dor. Por outro lado, Hendrix et al. (2010) demonstraram que a ingestão de um suplemento contendo cafeína não foi eficaz em melhorar o desempenho em 1 RM nos exercícios supino e *leg press*, ou mesmo no tempo até a exaustão em exercício no cicloergômetro em alta intensidade (80% do $\text{VO}_2\text{máx}$).

A abordagem do efeito da cafeína em diferentes tipos de exercícios é muito ampla na literatura (SINCLAIR; GEIGER, 2000; DAVIS, GREEN, 2009). A relação dosagem-estímulo mostra-se importante. A dosagem indicada compreende por volta 5 mg/kg de peso corporal em exercícios de *endurance* e de 3 a 6mg/kg de peso corporal para atividades anaeróbicas (SINCLAIR; GEIGER, 2000; DAVIS, GREEN, 2009). A super-dosagem não parece exercer efeitos ergogênicos adicionais, mas pode trazer efeitos colaterais que prejudicariam o desempenho (ALTIMARI et al., 2001).

Uma vez que os dados disponíveis na literatura são controversos quanto aos efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho em atividades de alta-

intensidade, em especial o treinamento de força, o presente estudo visou investigar os efeitos da ingestão aguda de cafeína anidra sobre o desempenho em exercício de força a 80% de 1RM.

METODOLOGIA

Amostra

Por critério de conveniência, foram selecionados 12 homens (20,9 anos $\pm$ 0,36; 77,94 $\pm$ 2,35 Kg de peso corporal). Todos os participantes eram praticantes de musculação há pelo menos um ano. Foram orientados a não consumirem nenhum alimento à base de cafeína em um período de 24 horas que antecederiam os testes e que não praticassem musculação no dia anterior.

Procedimentos

Cada participante foi à academia em três ocasiões. Todos os testes ocorreram entre as 13 e 18 horas e cada condição ocorreu no mesmo horário para evitar variação circadiana. No primeiro dia de testes, os participantes foram informados sobre detalhes do estudo, assinaram o termo de consentimento e realizaram o teste de 1RM nos exercícios supino e *leg press* (Figura 1). Antes do teste os indivíduos realizaram aquecimento específico que consistia em 8 a 12 repetições no supino e no *leg press* com carga submáxima. Após a determinação do 1RM, a intensidade de 80% de 1RM foi calculada.

Em outras duas visitas, com intervalo de 72-96 horas entre elas, os indivíduos retornaram para a realização dos testes de forma randomizada, que consistiam na ingestão de 5 mg/kg de cafeína diluída em 200 ml de água aromatizada, ou a solução placebo (200 ml de água aromatizada). A ingestão ocorreu 60 minutos antes da realização dos testes, pois demonstrou-se que este é o tempo necessário para que a concentração plasmática da cafeína atinja o nível máximo (GRAHAM, 2001).

Os voluntários executaram os exercícios supino e *leg press* a 80% de 1RM até a falha concêntrica, em três séries separadas por 1 minuto de intervalo. Após a realização das três séries no supino, o mesmo procedimento foi repetido no *leg press* após intervalo de 5 minutos (Figura 1). A frequência cardíaca foi aferida antes e imediatamente após cada série, através de monitor cardíaco/frequencímetro (Óregon). Além disso, foram utilizados questionários para averiguação da prontidão mental e física antes de cada série e percepção

subjetiva de esforço após cada série, conforme descrito por Duncan e Oxford (2011).

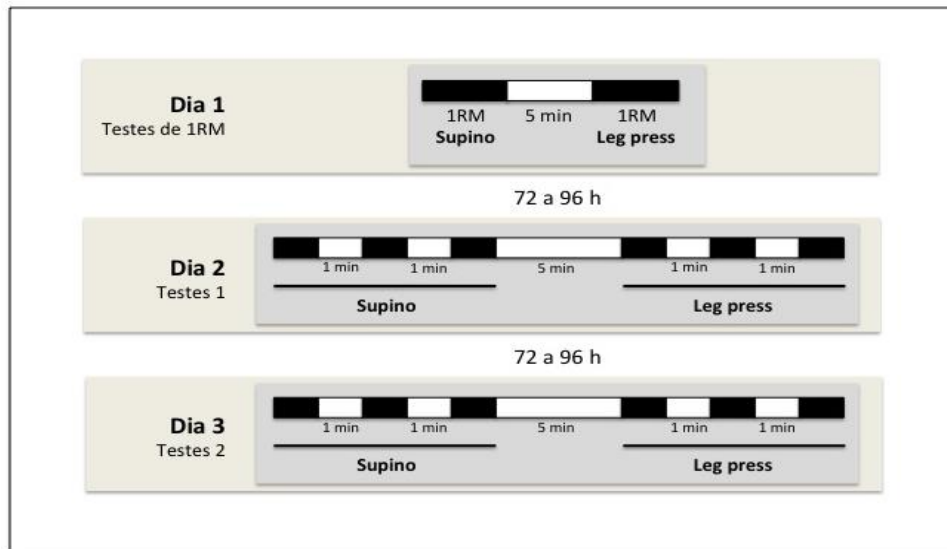


Figura 1: Representação esquemática do desenho experimental. Os retângulos pretos representam períodos de exercício, enquanto que os retângulos brancos representam períodos de repouso.

Análise Estatística

Os resultados foram expressos em média $\pm$ erro padrão da média (EPM). As diferenças entre as médias foram avaliadas através do teste t de Student e Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas, quando apropriado. Para determinação das diferenças utilizamos o nível de significância $p < 0,05$. Os testes foram realizados em delineamento cruzado duplo-cego.

RESULTADOS

Conforme apresentado na figura 2, a ingestão de cafeína não promoveu efeito significativo no desempenho em séries dos exercícios supino e *leg press*. Em ambos os grupos, nos dois exercícios avaliados, o desempenho foi significativamente reduzido entre a primeira e a terceira série de repetições.

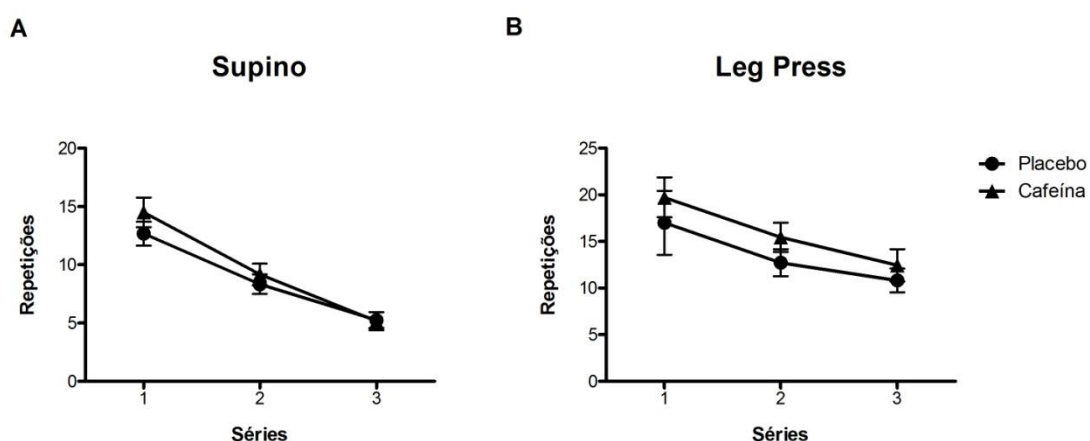


Figura 2: Efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho em três séries de exercício de força a 80% de 1RM até a falha concêntrica. (A) Supino. Efeito significativo entre as séries ($P < 0,0001^{***}$); sem efeito da cafeína ($P = 0,40$) ou interação entre as variáveis ($P = 0,44$). (B) *Leg Press*. Efeito significativo entre as séries ($P < 0,0001^{***}$); sem efeito da cafeína ($P = 0,33$) ou interação entre as variáveis ($P = 0,90$).

Quando avaliamos a carga total de trabalho (repetições totais) nas três séries de cada exercício, verificamos um aumento não significativo de 18% em relação à condição placebo no exercício supino (placebo: $26,25 \pm 7,4$; cafeína: $28,83 \pm 7,4$ repetições; $P = 0,12$; figura 3A). No *leg press*, houve um aumento significativo de 37,21% no volume total em relação à condição placebo (placebo: $40,55 \pm 17,51$; cafeína: $47,64 \pm 16,26$; $P = 0,03^*$; figura 3B).

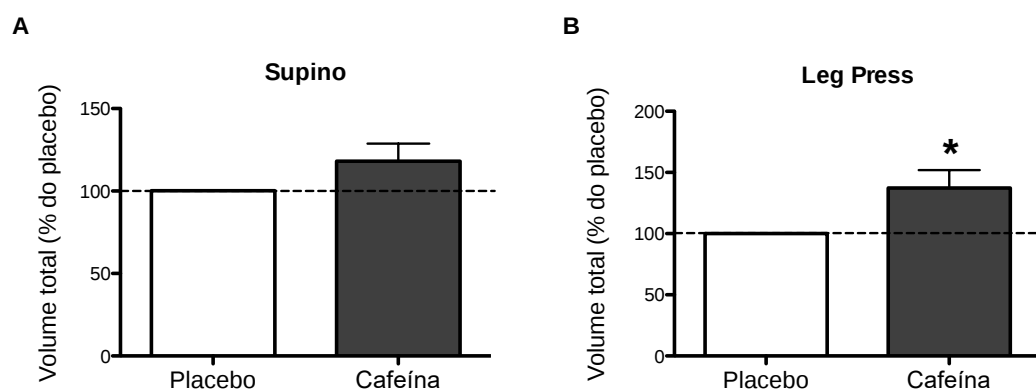


Figura 3: Efeito da ingestão de cafeína sobre o volume total de carga durante três séries de exercício de força a 80% de 1RM. (A) Volume total da carga levantada em relação à condição placebo no exercício Supino ($P=0,12$); (B) Volume total da carga levantada em relação à condição placebo no exercício *Leg Press* ($P=0,03^*$).

A percepção subjetiva de esforço não se mostrou diferente entre os grupos placebo e cafeína em ambos os exercícios, apesar de uma tendência de maior percepção de esforço na condição cafeína na terceira série dos exercícios (figuras 4A e 4D). Quanto à disposição mental para a prática dos exercícios, verificamos valores mais elevados na condição cafeína que alcançou valores muito próximos à significância estatística, tanto no supino ($P=0,07$; figura 4B) quanto no *leg press* ($P=0,06$; figura 4D). No que diz respeito à prontidão física, não verificamos diferenças entre os grupos (figuras 4C e 4E).

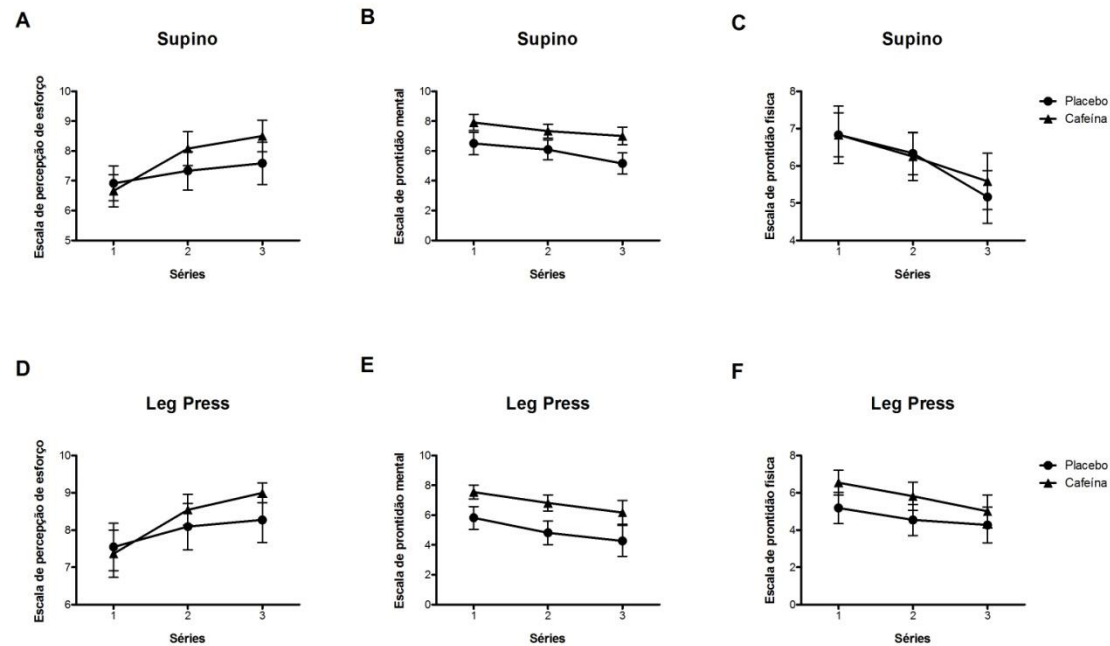


Figura 4: Efeito da ingestão de cafeína sobre a percepção subjetiva do esforço e prontidão física e mental em três séries de exercício de força a 80% de 1RM até a falha concêntrica. Supino: (A) Escala de percepção subjetiva de esforço. Efeito significativo entre as séries ($P < 0,0001^{***}$); sem efeitos da cafeína ou interação entre as variáveis; (B) Escala de prontidão mental. Efeito significativo entre as séries ($P < 0,001^{**}$); sem efeitos da cafeína ($P = 0,07$) ou interação entre as variáveis; (C) Escala de prontidão física. Efeito significativo entre as séries ($P < 0,0001^{***}$); sem efeitos da cafeína ou interação entre as variáveis.) Leg Press: (D) Escala subjetiva de percepção esforço Efeito significativo entre as séries ($P < 0,0001^{***}$); sem efeitos da cafeína ou interação entre as variáveis; (E) Escala de prontidão mental. Efeito significativo entre as séries ($P < 0,01^{**}$); sem efeitos da cafeína ($P = 0,06$) ou interação entre as variáveis; (F) Escala de prontidão física. Efeito significativo entre as séries ($P < 0,01^{**}$); sem efeitos da cafeína ou interação entre as variáveis;

Conforme ilustrado na figura 5, a frequência cardíaca em repouso ou durante a execução das séries em ambos os exercícios não foi diferente entre os grupos placebo e cafeína.

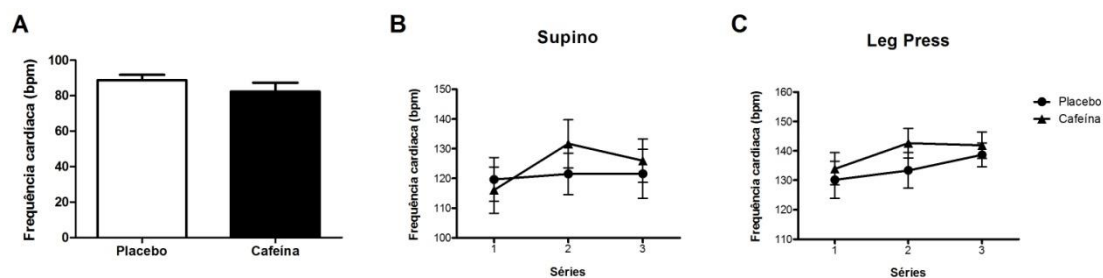


Figura 5: Efeito da ingestão de cafeína sobre a frequência cardíaca em três séries de exercício de força a 80% de 1RM até a falha concêntrica. (A) Frequência cardíaca de repouso (pré-exercício) nas condições placebo e cafeína ($P=0,20$); (B) Supino. Sem efeito significativo das séries ($P=0,34$); cafeína ($P=0,66$); ou interação entre as variáveis ($P=0,52$); (C) *Leg Press*. Efeito significativo entre as séries ($P=0,0003^{***}$); sem efeito da cafeína ($P=0,45$); ou interação entre as variáveis ($P=0,22$).

DISCUSSÃO

Este estudo examinou os efeitos da ingestão de cafeína em 2 exercícios de força, supino e *leg press*, a intensidade de 80% de 1RM. Ao contrário do verificado por Duncan et al. (2011) e Duncan e Oxford (2011; 2012) com intensidade de 60% de 1RM, não verificamos efeitos significativos da cafeína sobre o desempenho em uma série a 80% de 1RM. No que se refere ao volume total em três séries consecutivas, com intervalos de 1 minuto, a suplementação se mostrou efetiva, resultando em um volume aproximadamente 37% maior no exercício *leg press* (figura 3B). Além disso, a prontidão mental para a prática do exercício mostrou-se superior no grupo suplementado com cafeína, com valores muito próximos à significância estatística ($P=0,07$ no exercício supino e $P=0,06$ no exercício *leg press*). Dados previamente publicados são conflitantes, pois alguns relatam melhoria no desempenho em exercícios de força (BECK et al., 2006; HUDSON et al., 2007; JACOBSON et al., 1992; DUNCAN et al., 2011; DUNCAN; OXFORD, 2011; 2012) e outros não (GREEN et al., 2007; JACOBS et al., 2003; ASTORINO et al., 2008; WILLIAMS et al., 2008). Tais discrepâncias podem se dever a fatores como intensidade utilizada, número de séries, dose de cafeína ingerida ou a utilização de indivíduos treinados ou destreinados.

Os efeitos da ingestão de cafeína na prontidão física (PF) e mental (PM) e a posteriori sobre a diminuição da percepção subjetiva de esforço (PSE) são muito controversos, principalmente no tratamento de exercícios de alta intensidade. Em um estudo de meta-análise, Doherty e Smith (2005) demonstraram que a ingestão de cafeína promoveu uma redução de 5.6% na PSE. Este autor, através de análise de regressão revelou que 29% do efeito ergogênico da cafeína parece se dever a sua ação sobre a PSE. Estudos experimentais corroboram tal achado (DOHERTY et al., 2002; 2004; CROWE et al., 2006) apesar de diversos outros terem falhado em comprovar tais efeitos em exercícios de alta intensidade (SCHNEIKER et al., 2006; GREEN et al., 2007; HUDSON et al., 2007; DUNCAN; OXFORD, 2011). Nosso estudo não apontou diferenças na PSE durante o exercício de força, mas evidenciou uma

tendência de PM elevada na condição de suplementação para ambos os exercícios.

Estudos demonstram que a cafeína poderia atuar diretamente no músculo esquelético, reduzindo a fadiga periférica. Dentre estes efeitos, apontamos: estímulo da liberação sarcoplasmática de cálcio, atenuação da perda de K^+ das células musculares, aumento da atividade da Na^+-K^+ ATPase e inibição da enzima fosfodiesterase. Este último estaria mais relacionado com as ações da cafeína sobre o desempenho em atividades de longa duração, uma vez que o aumento dos níveis de adenosina monofosfato cíclico (AMPc) em resposta à inibição da fosfodiesterase resulta no estímulo da lipase sensível à hormônios (LSH), lipólise aumentada e, conseqüentemente, aumento dos níveis de ácidos graxos livres (SPRIET, 1995; PALUSKA, 2003).

Estudos *in vitro* demonstram que a cafeína promove um aumento da liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático (WEBER; HERZ, 1968; ROUSSEAU et al., 1988). A liberação de cálcio é fundamental para a contração muscular e durante períodos de repetidas contrações musculares intensas, este estímulo poderia ser benéfico na melhoria do desempenho. Entretanto, este efeito em condições *in vivo* é questionado, uma vez que são necessárias doses supra-fisiológicas de cafeína, superiores às utilizadas nos estudos que relatam melhoria de desempenho (3-9 mg/kg de peso corporal; SINCLAIR; GEIGER, 2000; DAVIS, GREEN, 2009).

Dentre os potenciais mecanismos envolvidos com a fadiga durante exercícios de alta intensidade, o acúmulo de K^+ extracelular com conseqüente despolarização do sarcolema é apontado como de fundamental importância no desenvolvimento da fadiga (RENAUD, 2002). Durante exercício dinâmico de alta intensidade foi verificado uma perda de K^+ pela célula muscular, que se acumula no espaço extracelular, despolarizando a membrana do sarcolema e resultando, enfim, na redução da excitabilidade e força tetânica muscular (SEJERSTED; SJOGAARD, 2000). Durante exercício intenso há um aumento nos níveis de K^+ extracelular de 4 a 10 mM (NIELSEN et al., 2004). É possível que a ação da cafeína, de estímulo da Na^+/K^+ -ATPase e atenuação da perda de K^+ seja relacionada à melhoria de desempenho em atividade contrátil de alta

intensidade, conforme demonstrado por alguns trabalhos anteriores (MacINTOSH, WRIGHT, 1995; LIDINGER et al., 1993; HAWKS et al., 1999). Entretanto, os trabalhos de Crowe et al (2006) e Greer et al (1998) falharam em demonstrar efeito da cafeína sobre a atenuação da perda de K^+ durante o exercício de alta intensidade. Estudos adicionais se fazem necessários para elucidar esta questão. Pode ser ressaltado também a ação distinta da cafeína nas fibras do tipo I em relação às do tipo II, sendo que em músculo com maior predominância de fibras tipo I a ação ergogênica da cafeína é mais pronunciada (TALLIS et al., 2012).

Tarnopolsky (1994) defende a ideia de que a cafeína tem uma potencial influência em exercícios de alta intensidade e curta duração por ter um efeito direto no músculo esquelético, um impacto sobre a excitação-acoplamento-contracção, que afetam a transmissão neuromuscular e um aumento na mobilização do cálcio intracelular do retículo sarcoplasmático. Isso poderia ser refletido nas escalas de PF, por promover uma menor fadiga muscular e, conseqüentemente, maior pré-disposição ao exercício físico. Entretanto, isso não foi constatado em nosso estudo, onde tanto na condição de suplementação como na situação placebo a escala de PF caiu de forma progressiva, sem diferença entre as condições.

Estudos como de Duncan et al. (2011), Green et al. (2007) e Vanakoski et al. (1998) mostram um aumento significativo da frequência após a ingestão de cafeína, que é visto principalmente no momento pré-teste, 60 min pós-ingestão. Não averiguamos efeitos significativos da ingestão de cafeína sobre a frequência cardíaca, tanto pré-teste quanto durante a realização dos exercícios.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstra que a ingestão de cafeína, na dose de 5mg/kg de peso corporal, 60 minutos antes da realização de séries de exercício de força pode ser efetiva ao promover maior volume de treinamento, especialmente para exercício de membros inferiores, à intensidade de 80% de 1RM. Tal efeito parece envolver um estímulo do SNC, resultando em maior prontidão mental à prática do exercício. Ao contrário do observado quando se utiliza uma intensidade inferior - 60% de 1RM (DUNCAN et al., 2011; DUNCAN; OXFORD, 2011; 2012), o número de repetições em cada série do exercício não se altera após a ingestão de cafeína. Em suma, a ingestão prévia de cafeína pode ser uma estratégia eficiente em séries repetidas de exercícios de força a 80% de 1RM, especialmente para membros inferiores.

REFERÊNCIAS

- ALTIMARI, L.R.; CYRINO, E.S.; ZUCAS, S.M.; BURINI, R.C. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico. **Rev. paul. Educ. Fís.**, São Paulo, **14**(2):141-58, jul./dez. 2000.
- ALTIMARI, L.R.; CYRINO, E.S.; ZUCAS, S.M.; OKANO, A.H.; BURINI, R.C. Cafeína: Ergogênico Nutricional no Esporte. **Rev. Bras. Ciên. e Mov.** Brasília v. 9 n. 3 p. julho 2001.
- ALTIMARI, L.R.; MORAES, A.C.; TIRAPGUI, J.; MOREAU, R.L.M. Cafeína e *performance* em exercícios anaeróbicos. **Rev. Bra. De Ciên. Farm.**, São Paulo, v.42, n. 1, jan.-mar. 2006.
- ASTORINO, T.A.; ROHMANN, R.L.; FIRTH, K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. **Eur. J. Appl. Physiol.** 2008;102(2):127-32.
- BECK, T.W.; HOUSTON T.J.; SCHMIDT, R.J.; JOHNSON G.O.; HOUSH, D.J.; COBURN, J.W.; MALEK, M.H. The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. **J. Strength Cond. Res.** 2006; 20(3):506-10.
- BRAGA, L.C. & ALVES, M.P. A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. **Rev. Bras. Ciên. E Mov.**, 8(3): 33-37, 2000.
- CLARKSON, P.M. Nutrition for improved sports performance. Current issues on ergogenic aids. **Sports Medicine**, v.21, n.6, p.393-401, 1996.
- COSTILL, D.L., DALSKY, G.P. e FINK, W.J. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. **Med. Sci. Sports Exerc.** 1978; 10(3): 155-158.
- CROWE, M.J.; LEICHT, A.S.; SPINKS, W.L. Physiological and cognitive responses to caffeine during repeated, high-intensity exercise. **Int. J. Sports Nutr. Exerc. Metab.** 2006; 16: 528-44
- DAVIS, J.K.; GREEN, J.M. Caffeine and Anaerobic Performance: Ergogenic Value and Mechanisms of Action. **Sports Med.** 2009; 39 (10): 813-832.
- DOHERTY, M.; SMITH, P.M. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. **Scand J. Med. Sci. Sports** 2005; 15: 69-78.

DUNCAN, M.J.; OXFORD, S.W. Acute caffeine ingestion enhances performance and dampens muscle pain following resistance exercise to failure. **J.Sports Med. Phys. Fitness**. 2012 Jun;52(3):280-5.

DUNCAN, M.J.; OXFORD, S.W. The effect of caffeine ingestion on mood state and bench press performance to failure. **J. Strength Cond. Res**. 2011 Jan; 25(1):178-85.

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

GRAHAM, T.E. e SPRIET, L.L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. **J. Appl. Physiol**. 1991; 71: 2292-2298.

GREEN, J.M.; WICKWIRE, J.P.; McLESTER, J.R. Effects of caffeine on repetitions to failure and rating of perceived exertion during resistance training. **Int. J. Sport Phys. Per**. 2007; 2: 250-9.

GREER, F.; McLEAN, C.; GRAHAM, T.E. Caffeine, performance and metabolism during repeated Wingate exercise test. **J. Appl. Physiol**. 1998; 85: 1502-8.

HAWKS, T.J.; WILLMETS, R.G.; LINDINGER, M.I. K⁺ transport in resting hind-limb skeletal muscle in response to paraxanthine, a caffeine metabolite. **Can. J. Physiol. Pharmacol** 1999; 77: 835-43.

HENDRIX, C.R.; HOUSH, T.J.; MIELKE, M.; ZUNIGA, J.M.; CAMIC, C.L.; JHONSON, G.O.; SCHMIDT, R.J.; HOUSH, D.J. Acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press and leg extension strength and time to exhaustion during cycle ergometry. **J. Strength Cond. Res**. 2010;24(3):859-65.

HUDSON, G.M.; GREEN, M.J.; BISHOP, P.A. Effects of caffeine and aspirin on resistance training performance, RPE and pain perception. **Med. Sci. Sports Exerc** 2007; 39: S248.

JACOBS, I.; PASTERNAK, H.; BELL, D.G. Effects of ephedrine, caffeine, and their combination on muscular endurance. **Med. Sci. Sports Exerc**. 2003;35(6):987-94.

JACOBSON, B.H.; WEBER, M.D.; CLAYPOOL, L.; HUNT, L.E. Effect of caffeine on maximal strength and power in elite male athletes. **Br. J. Sports Med**. 1992;26(4):276-80.

LINDINGER MI, WILLIAMS RG, HAWKE TJ. Stimulation of Na⁺, K⁺ pump activity in skeletal muscle by methylxanthines: evidence and proposed mechanisms. **Acta Physiol. Scand** 1996; 156: 347-53

MACINTOSH, B.R.; WRIGHT, B.M. Caffeine ingestion and performance of a 1500-meter swim. **Can. J. Appl. Physiol** 1995; 20: 168-77.

McCALL, A.L.; MILLINGTON, W.R.; WURTMAN, R.J. Blood-brain barrier transport of caffeine: dose-related restriction of adenine transport. **Life Sci.** 1982; 31: 2709-15.

NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH (NIH) – OFFICE OF DIETARY SUPPLEMENTS. Role of Dietary Supplements for Physically Active People. **American Journal Clinical Nutrition** 2000; 72: S503-674.

NIELSEN, J.J.; MOHR, M.; KLARSKOV, C.; KRISTENSEN, M.; KRUSTRUP, P.; JUEL, C.; BANGSBO, J. Effects of high-intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle. **J. Physiol.** 2004;554(Pt 3):857-70.

PALUSKA, S.A. Caffeine and exercise. **Curr. Sports Med. Rep.**, v.2, n.4, p.213-219, 2003.

RENAUD, J.M. Modulation of force development by Na⁺, K⁺, Na⁺ K⁺ pump, and KATP channel during muscular activity. **Can. J. Appl. Physiol.** 2002; 27: 296-315

ROUSSEAU, E.; LADINE, J.; LIU, Q.Y. Activation of the Ca²⁺ release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum by caffeine and related compounds. **Arch. Biochem. Biophys.** 1988; 267: 75-86.

SCHINEIKER, K.T.; BISHOP, D.; DAWSON, B. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team sport athletes. **Med. Sci. Sports Exerc.** 2006; 38: 578-85.

SEJESTERD, O.M.; SJOGAARD, G. Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. **Physiol. Rev.** 2000;80(4):1411-81.

SINCLAIR, C.J.; GEIGER, J.D. Caffeine use in sports. **A pharmacological review. J. Sports Med. Phys. Fitness.** Mar. 2000;40(1):71-9.

SPRIET, L.L. Caffeine and performance. **Int. J. Sport Nutr.** 1995; 5 Suppl.: S84-99.

SWYNOK, J. Adenosine receptor activation and nociception. **Eur. J Pharmacol.** 1998; 347: 1-11.

TALLIS, J.; JAMES, R.S.; COX, V.M.; DUNCAN, M.J. The effect of physiological concentrations of caffeine on the power output of maximally and submaximally stimulated mouse EDL (fast) and soleus (slow) muscle. **J. Appl. Physiol.** 2012 Jan; 112 (1):64-71. Epub 2011 Oct 6.

TARNOPOLSKY, M.A. Caffeine and endurance performance. **Sports Med.** 1994;18 (2):109-25.

VANAKOSKI, J.; KOSUNEN, V. MERIRINNE, E.; SEPPALA, T. Creatine and caffeine in anaerobic and aerobic exercise: effects on physical performance and pharmacokinetic considerations. **Int. J. Clin. Pharmacol. Ther.** 1998; 36 (5):258-62.

WEBER, A.; HERZ, R. The relationship between caffeine contracture of intact muscle and the effect of caffeine on reticulum. **Gen Physiol.** 1968; 52: 750-9.

WILLIAMS, A.D.; CRIBB, P.J.; COOKE, M.B.; HAYES, A. The effect of ephedra and caffeine on maximal strength and power in resistance-trained athletes. **J. Strength Cond. Res.** 2008;22(2):464-70.