

1 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 hidroeletrólítica adequada (ALTIMARI et. al, 2000). Assim, podendo 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).

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 VO₂máx 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 9 mg/kg antes do exercício a 80% do VO₂máx 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 e Oxford (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 1RM 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 VO₂máx). 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 A2a (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).

Recentemente, Lee et al (2012) demonstraram que os efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho em sprints em cicloergômetro eram distintos quando se aplicava diferentes tempos de recuperação entre cada sprint. Em resumo, os autores demonstram que a ingestão da cafeína promovia ação ergogênica (melhoria do rendimento) quando o intervalo de 90 segundos era aplicado e uma ação ergolítica (piora do rendimento) com o tempo de intervalo de 30 segundos. Em trabalho anterior realizado por nosso grupo (SILVA et al, 2015) demonstramos que a ingestão de 5 mg/kg de peso de cafeína uma antes da realização de séries repetidas dos exercícios supino e leg press resultou em maior volume total (repetições totais) quando comparado à condição placebo. Em paralelo, na condição suplementada a prontidão mental para a prática do exercício foi significativamente maior, indicando uma possível ação da cafeína sobre o SNC. Nos programas de treinamento de força, a variação do intervalo de recuperação entre as séries é uma variável importante na periodização do treinamento, conforme os objetivos pretendidos e fase do treinamento (BAECHLE; EARLE, 2008). Comumente tempos de intervalo variando de 30 a 90 segundos são utilizados em programas de treinamento visando a hipertrofia muscular (BAECHLE; EARLE, 2008). Apesar do crescente número de publicações científicas acerca dos

efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho no treinamento de força, a ação desta intervenção em protocolos com diferentes tempos de recuperação entre as séries ainda não foi avaliada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar os efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho em séries repetidas de exercício de força com diferentes tempos de recuperação.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Como objetivos específicos, visamos avaliar o efeito da ingestão de cafeína em séries repetidas do exercício supino com 45 ou 120 segundos de intervalo sobre os seguintes parâmetros psico-fisiológicos e de desempenho:

- Repetições e carga totais durante as séries (volume total);
- Percepção subjetiva do esforço;
- Prontidão física para a prática do exercício físico;
- Prontidão mental para a prática do exercício físico;
- Frequência cardíaca de pico.

3 HIPÓTESE

Nossa hipótese é de que a ingestão de cafeína promova maiores efeitos sobre o desempenho quando um tempo de recuperação mais longo é utilizado, como foi demonstrado em outro tipo de exercício com predominância anaeróbica.

4 METODOLOGIA

4.1 AMOSTRA

Foram selecionados 10 indivíduos do sexo masculino ($82,0 \pm 9,09$ kg), participantes de musculação há um ano ou mais e sem doenças cardiovasculares, metabólicas e ósteo-articulares diagnosticadas. Foram orientados a não consumirem nenhum alimento à base de cafeína em um período de 24 horas que antecede-se a aplicação dos testes e que não praticassem musculação no dia anterior. Os protocolos utilizados no estudo possuem aprovação em Comitê de Ética para Pesquisa em Humanos (Número CAAE: 5302212.0.0000.55.42).

4.2 PROCEDIMENTOS

Cada participante compareceu ao laboratório em cinco ocasiões entre as 13 e 18 horas. No primeiro dia de testes, os participantes foram informados sobre detalhes do estudo, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e foram submetidos ao teste de 1 repetição máxima (1RM) no exercício supino. Antes do teste os indivíduos realizaram aquecimento específico consistindo de 8 a 12 repetições no supino com carga submáxima.

Após a determinação do 1RM, a intensidade de 60% de 1RM foi calculada. Nas outras quatro visitas, com intervalo de 48-72 horas entre elas, os indivíduos foram submetidos aos testes de forma randomizada e duplo cega, com a ingestão de 5 mg/kg de cafeínadiluída 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 máximo (GRAHAM, 2001). Os voluntários executaram o exercício supino a 60% de 1RM até a falha concêntrica, em três séries separadas por 45 ou 120 segundos de intervalo, nas condições cafeína ou placebo. Os indivíduos relataram a pré-disposição física e mental para a prática do exercício antes de cada série, bem como a percepção subjetiva do esforço após cada série, utilizando uma escala de 1 a

10 (segundo DUNCAN; OXFORD, 2011). Durante a realização do protocolo, a frequência cardíaca de pico foi avaliada através de frequencímetro (telemetria).

O presente estudo faz parte do projeto intitulado “Efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho anaeróbico”, registrado na Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFES com o número 3858/2012, que visa compreender os efeitos da cafeína sobre o desempenho em atividades esportivas com predominância do metabolismo anaeróbico e sua aplicação para o rendimento esportivo.

4.3 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) 2 vias de medidas repetidas 2 x 2 para o fator condição (cafeína x placebo) e tempo de intervalo (30 x 90 segundos), quando apropriado. Para determinação das diferenças utilizaremos um $P < 0,05$.

5 RESULTADOS

Como apresentado na figura 1 a cafeína não apresentou melhora nas duas situações para o desempenho em series de 1 repetição máxima, seja para condição 45 segundos ou para condição de 2 minutos de intervalo. Nos dois grupos não houve diferença significativa. Para o efeito principal (*main effect*) do tempo de recuperação foi encontrado um $P = 0,76$, enquanto que para o efeito da cafeína encontrou-se $P = 0,93$.

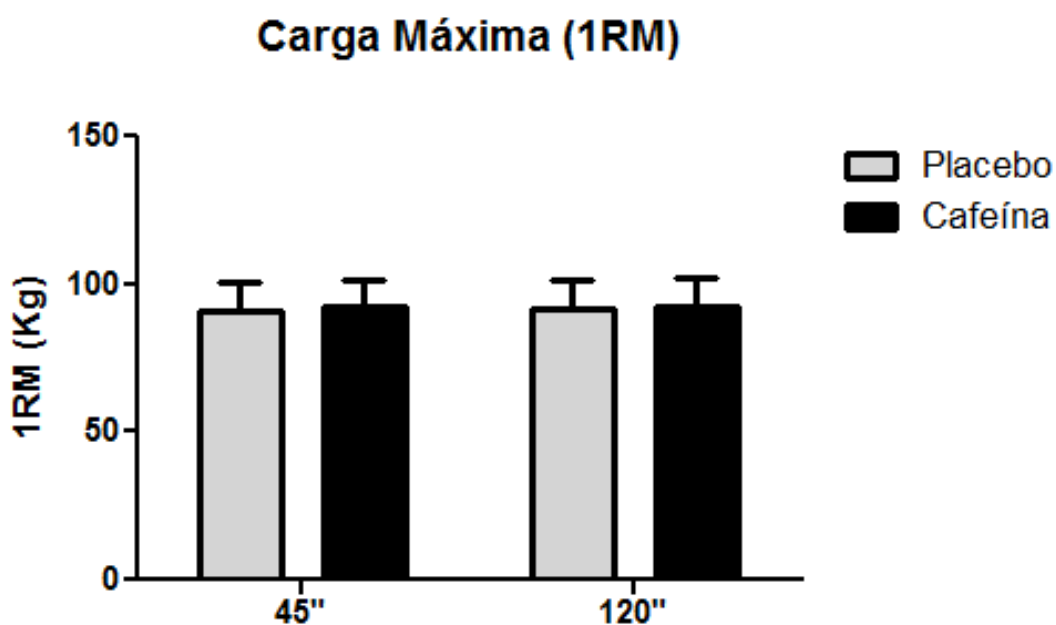


Figura1: Efeito da cafeína no desempenho de 1RM no exercício supino.

Na figura 2 está demonstrando a quantidade de repetições realizadas somando-se as três series, tanto na condição de 2 minutos como na com 45 segundos de intervalo entre cada serie. Como observado, um número significativamente maior de repetições foi realizada quando 120 segundos de intervalo foi utilizado ($P = 0,017$) mas não existe diferença para o uso da cafeína em ambas as condições ($P = 0,80$).

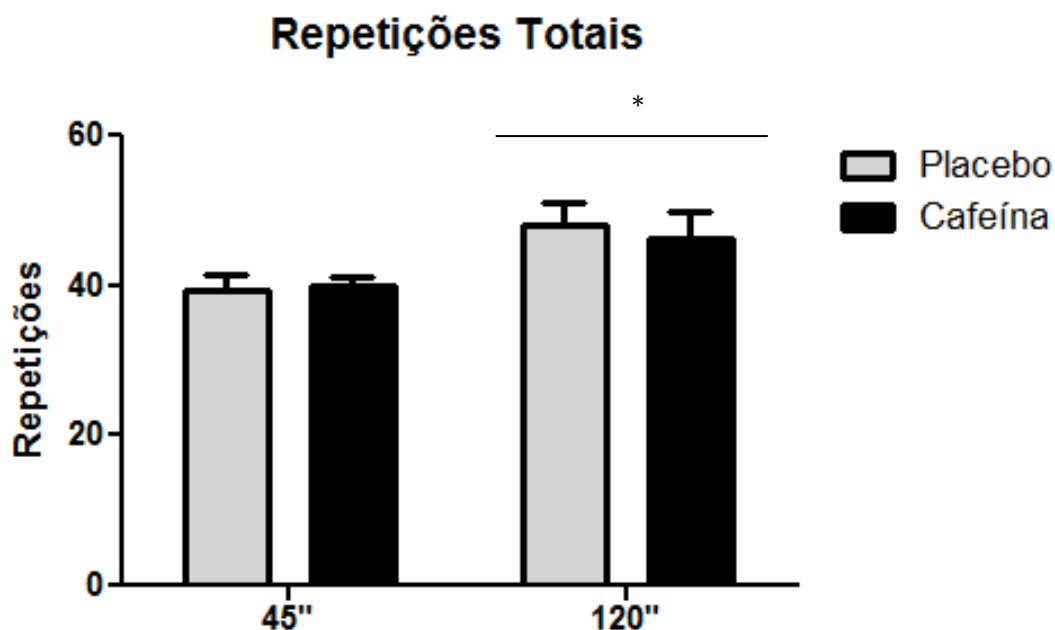


Figura 2: Efeito da cafeína no exercício supino sobre o total de Repetições realizadas com 60% de 1RM até a falha concêntrica. * $P < 0,05$ 120" vs. 45".

O peso total levantado, representado na figura 3, também não foi diferente quando se utilizou a cafeína comparado com o grupo placebo ($P = 0,59$). Porém quando se teve um maior tempo de descanso, 2 minutos, verificou-se uma maior peso total levantado nas 3 series somadas ($P = 0,0011$).

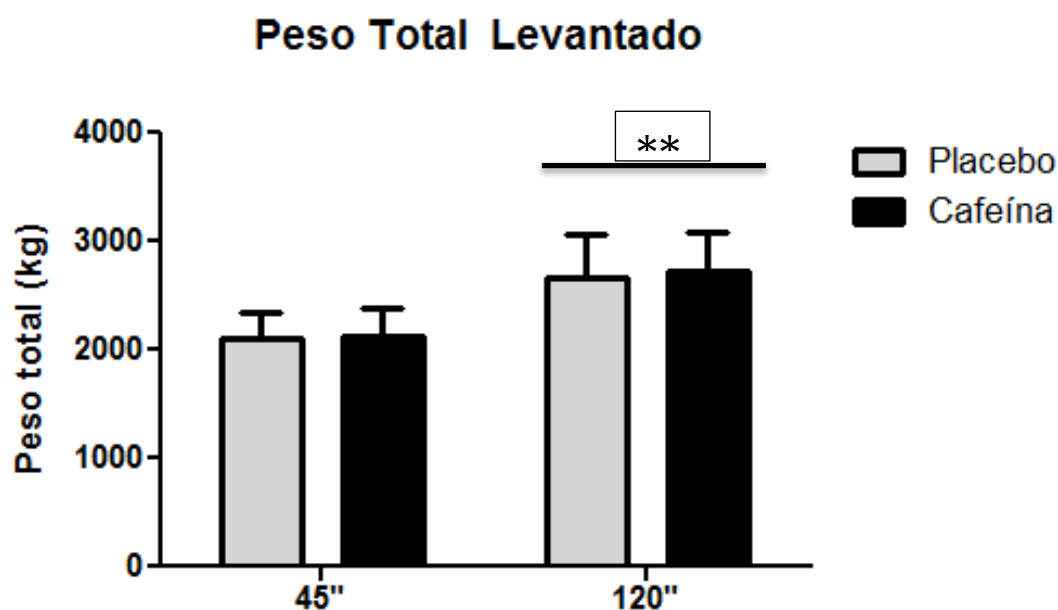


Figura 3: Efeito da cafeína sobre o Peso total levantado no exercício supino com 60% de 1RM até a falha concêntrica. * *P < 0,01 120" vs. 45".

A prontidão mental (Figura 4A) não se mostrou alterada para a prática do exercício nos diferentes grupos, seja para 45 segundos ou para 2 minutos de intervalo, na condição placebo ou cafeína (efeito do tempo de intervalo: $P = 0,27$; efeito da cafeína: $P = 0,40$). Para a prontidão física (Figura 4B) verificamos uma tendência de aumento nas condições cafeína e no tempo de intervalo de 2 minutos, a diferença não se mostrou significativa (efeito do tempo de intervalo: $P = 0,17$; efeito da cafeína: $P = 0,14$). A percepção subjetiva de esforço (Figura 4C) não se mostrou diferente entre os grupos placebo e cafeína em ambas os tempos de intervalo utilizados (efeito do tempo de intervalo: $P = 0,85$; efeito da cafeína: $P = 0,35$).

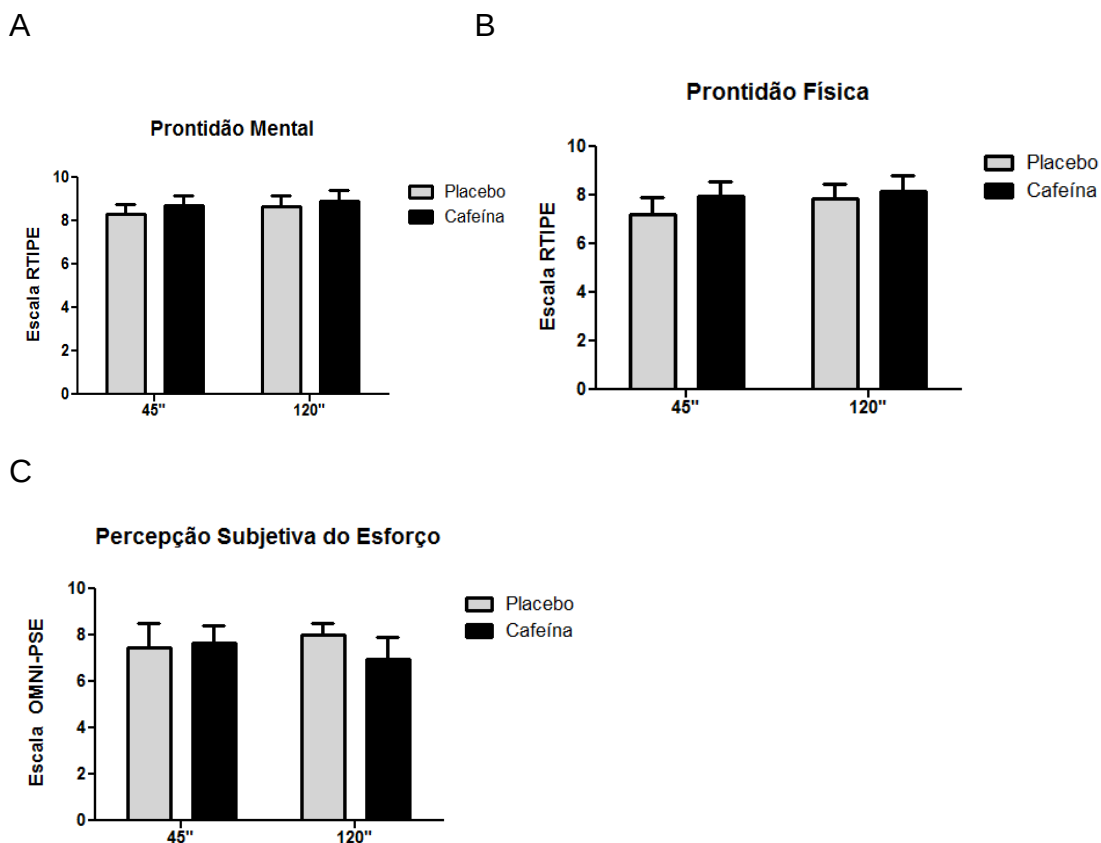


Figura 4: Efeito da ingestão de cafeína sobre a prontidão mental e física e sobre a percepção subjetiva de esforço em três series de exercício de força no supino com 60% de 1RM até a falha concêntrica.

Como ilustrado na figura 5, não houve diferença na frequência cardíaca em repouso antes da execução das series em ambas as condições (efeito do tempo de intervalo: $P = 0,85$), mas observa-se uma tendência de aumento da frequência cardíaca de repouso 60 minutos após a ingestão de cafeína ($P = 0,056$).

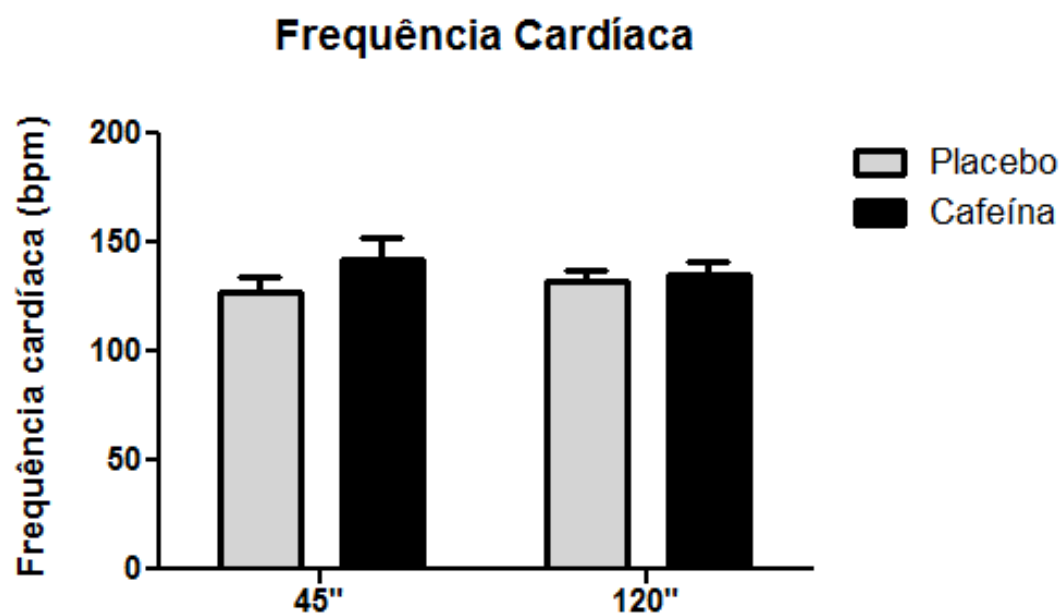


Figura 5: Efeito da ingestão de cafeína sobre a frequência cardíaca em três series de exercício supino a 60% de 1RM até a falha concêntrica.

6 DISCUSSÃO

Este estudo examinou os efeitos da ingestão de cafeína em um exercício de força, o supino com barra, a uma intensidade de 60% de 1RM em duas condições de intervalo de recuperação: 45 segundos e 2 minutos entre cada série. Estudos anteriores que utilizaram a mesma intensidade (60% de 1RM) relatam efeitos distintos aos relatados em nosso estudo. Duncan et al (2011) e Duncan e Oxford (2011; 2012) verificaram que a cafeína promoveu melhoria significativa no desempenho do treinamento de força. Especificamente, os autores relatam aumento da capacidade de realização de repetições até a falha concêntrica na condição cafeína. Em nosso estudo não verificamos tal melhora com relação a cafeína, apenas com relação ao tempo de intervalo utilizado. O intervalo de recuperação entre as series influencia as respostas agudas metabólicas e hormonais, assim como o desempenho nas series seguintes (DE SALLES et al, 2009). Sendo assim, um dos possíveis fatores da melhora do desempenho observado em repetições e peso total levantados pode ter sido por conta do maior tempo de intervalo entre as series melhorando as respostas agudas metabólicas e hormonais do organismo.

Não foi observada melhora na prontidão física (PF) e mental (PM) com o uso da cafeína em ambas as situações, assim como a percepção subjetiva de esforço (PSE), que também não mostrou diminuição com a utilização da cafeína. Estudos anteriores apresentam resultados conflitantes sobre esta relação, com estudos relatando efeito da cafeína na redução da PSE (BECK et al, 2006; HUDSON et al, 2007; JACOBSON et al, 1992; DUNCAN et al, 2011; DUNCAN; OXFORD, 2011; 2012) e outros que relatam não haver diferença entre os grupos cafeína e placebo (GREEN et al, 2007; JACOBS et al, 2003; ASTORINO et al, 2008; WILLIAMS et al, 2008). Essas diferenças podem ser explicadas por conta de diferenças metodológicas, como a intensidade utilizada, o número de series, a dose de cafeína utilizada e até mesmo o nível de treinamento apresentado pelos indivíduos. Em uma meta-análise Doherty e Smith (2005) demonstraram que a ingestão de cafeína promoveu uma redução de 5.6% na PSE. Este autor mostrou que 29% do efeito ergogênico da cafeína parece ser sobre a sua ação na PSE.

Alguns estudos, como os de SPRIET (1995) e de PALUSKA (2003), demonstraram que a cafeína poderia atuar de forma direta no músculo esquelético, reduzindo a fadiga periférica. Dentre os efeitos possíveis, destacamos o estímulo a liberação de cálcio, atenuação da perda de íons potássio (K^+) nas células musculares, aumento da atividade da Na^+-K^+ ATPase e inibição da enzima fosfodiesterase. Este último tem uma relação maior com as ações da cafeína sobre o desempenho em atividades de *endurance*, visto que níveis aumentados de adenosina monofosfato cíclico (AMPC) em resposta à inibição da fosfodiesterase resulta no estímulo da lipase hormônio sensível (LSH), lipólise aumentada e conseqüentemente aumento dos níveis de ácidos graxo livres.

Estudos *in vitro* mostraram que a cafeína aumentaria a liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático (WEBER; HERZ, 1968; ROUSSEAU et al, 1988). A liberação desse mineral é de extrema importância para a contração muscular e durante contrações intensas ele poderia ser benéfico na melhoria do desempenho. Um grande problema dos estudos *in vitro* são as doses utilizadas, muitas vezes supra-fisiológicas. Tais doses diferem da utilizada nos estudos que demonstraram melhora no desempenho em humanos (3-9 mg/kg de peso corporal; SINCLAIR; GEIGER, 2000; DAVIS, GREEN, 2009).

Recentemente, Lee et al (2012) demonstraram que os efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho em sprints em cicloergômetro eram distintos quando se aplicava diferentes tempos de recuperação entre cada sprint. Em resumo, os autores demonstram que a ingestão da cafeína promovia ação ergogênica (melhoria do rendimento) quando o intervalo de 90 segundos era aplicado e uma ação ergolítica (piora do rendimento) com o tempo de intervalo de 30 segundos. Em nosso estudo não verificamos benefício da cafeína com os diferentes intervalos de recuperação, 45 e 120 segundos, onde em ambos os grupos, placebo e suplementado, não houve ação ergogênica da cafeína.

7 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a ingestão aguda de cafeína (5 mg.kg de peso corporal) 60 minutos antes da realização de três séries do exercício supino não promoveu melhoria no desempenho – carga máxima e repetições máximas – seja com intervalo curto (45”) ou longo (120”) entre as séries. Além disso, as respostas perceptivas também não foram diferentes entre as condições experimentais. Apesar de alguns estudos mostrarem efeito ergogênico da cafeína, neste presente estudo não foi possível verificar esse efeito, podendo tal fato ser explicado pela intensidade, o número de series, a dose de cafeína utilizada no estudo e até mesmo o nível de treinamento apresentado pelos indivíduos.

8 REFERÊNCIAS

- ALTIMARI, L.R.; CYRINO, E.S.; ZUCAS, S.M.; BURINI, R.C. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico. **Revista paulista de Educação Física**, v.14, n.2, p.141-158, 2000.
- BAECHLE, T.R.; EARLE, R.W. **Essentials of Strength Training and Conditioning**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2008.
- 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.; FINK, W.J. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.10, n.3, p.155-158, 1978.
- DAVIS, J.K.; GREEN, J.M. Caffeine and Anaerobic Performance: Ergogenic Value and Mechanisms of Action. **Sports Medicine**, v.39, n.10, p.813-832, 2009.
- DUNCAN, M.J.; OXFORD, S.W. The effect of caffeine ingestion on mood state and bench press performance to failure. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, n.1, p.178-185, 2011.
- GRAHAM, T.E. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. **Sports Medicine**, v.31, p.785-807, 2001.
- GRAHAM, T.E.; SPRIET, L.L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.71, p.2292-2298, 1991.
- 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. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, n.3, p.859-865, 2010.
- Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. **Progression models in resistance training for healthy adults**. Med Sci Sports Exerc 2002; 34: 364-80.
- LEE, C.L.; CHENG, C.F.; LIN, J.C.; HUANG, H.W. Caffeine's effect on intermittent sprint cycling performance with different rest intervals. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n.6, p.2107-2116, 2012.
- LINDINGER, M.I.; WILLIAMS, R.G.; HAWKE, T.J. Stimulation of Na⁺, K⁺ pump activity in skeletal muscle by methylxanthines: evidence and proposed mechanisms. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.156, p.347-353, 1996.
- McCALL, A.L.; MILLINGTON, W.R.; WURTMAN, R.J. Blood-brain barrier transport of caffeine: dose-related restriction of adenine transport. **Life Sciences**, v.31, p.2709-

2715, 1982.NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH (NIH) - OFFICE OF DIETARY SUPPLEMENTS. Role ofDietary Supplements for Physically Active People. **American Journal Clinical Nutrition**, v.72, p.S503-674, 2000.

SWYNOK, J. Adenosine receptor activation and nociception. **European Journal of Pharmacology**, v.347, p.1-11, 1998.

DE SALLES BF, SIMÃO R, MIRANDA F, NOVAES JDA S, LEMOS A, WILLARDSON JM. **Rest interval between sets in strength training**. Sports Medicine. 2009;39(9):765-77.