

Motricidade
2011, vol. 7, n. 3, pp. 29-36

© FTCD/CIDESD
ISSN 1646–107X

Efeito agudo da suplementação da cafeína no desempenho da força muscular e alterações cardiovasculares durante o treino de força

Acute effect of caffeine supplementation on performance of muscular strength and cardiovascular changes during resistance training

W. Materko, E.L. Santos

RESUMO

A proposta do presente estudo foi avaliar o efeito agudo da cafeína no desempenho da força muscular, paralelamente a possíveis alterações hemodinâmicas ao longo de uma sessão de treino de força muscular. Treze homens, experientes em treino de força, realizaram um protocolo de 3 sets de 10 repetições máximas (10RM) nos exercícios supino reto (SR), puxada pela frente no *pulley* (PP), cadeira extensora (CE) e mesa flexora (MF) segundo três procedimentos: sem suplementação (C), com suplementação de 250 mg de cafeína (S) e placebo (P). Após avaliação antropométrica, procedeu-se a um teste de 10RM de familiarização. Realizaram-se medidas hemodinâmicas antes, durante e no final de cada sessão – frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA) – mantendo intervalos de 48h, cada voluntário realizou mais três sessões de 10RM, quando se procedeu, aleatoriamente, a administração de C, S ou P. Encontraram-se diferenças significativas para a carga de 10RM nos exercícios SR e CE, em comparação às intervenções S e C. Nenhuma diferença na FC ou PA foi registrada entre todos os procedimentos. Em conclusão, os resultados do presente estudo sugerem que a cafeína exerce um efeito ergogênico sobre a força muscular submáxima ao longo de uma sessão de treino de força.

Palavras-chave: cafeína, força muscular, frequência cardíaca, pressão arterial, exercício físico

ABSTRACT

The purpose of the present study was to evaluate the acute effect of caffeine on the muscular strength performance in addition to the possible hemodynamic changes during a strength training session. Thirteen strength training experienced male subjects were submitted to a protocol of three sets of 10RM for bench press (BP), pull press (PP), leg extension (LE) and leg curl (LC), according to three conditions: no supplementation (C); 250 mg of caffeine supplementation (S); placebo (P). All subjects were submitted to an anthropometric evaluation, followed by a 10RM familiarization test. Hemodynamic measurements – heart rate (HR) and blood pressure (BP) – were carried out before, during and after each session. Holding 48 hours time intervals, participants were submitted to three randomly presented 10RM tests according to C, S and P conditions. For conditions S and C, significant differences were found in BP and LE. No significant differences in HR and BP were found. Results seem to suggest an ergogenic effect of caffeine on submaximal muscle strength during a session of strength training.

Keywords: caffeine, muscle strength, heart rate, blood pressure, physical exercise

Submetido: 25.07.2010 | Aceite: 24.10.2010

Wollner Materko e Edil Luis Santos. Laboratório de Engenharia Pulmonar, Programa de Engenharia Biomédica, COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

Endereço para correspondência: Wollner Materko, Laboratório de Engenharia Pulmonar, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rua Cândido Mendes nº140 apt 805, Glória, CEP: 20241-220 Rio de Janeiro, Brasil.

E-mail: wollner.materko@gmail.com

Os recursos ergogênicos são alternativos farmacológicos de melhoria do desempenho desportivo, em especial o treino de força. Muitos praticantes têm utilizado com o propósito de retardar a fadiga muscular e melhorar o desempenho durante uma sessão. O treino de força tem sido apontado em inúmeros estudos como um método efetivo para o aumento de força (Materko, Duarte, Santos, & Junior, 2010), hipertrofia muscular (Araújo, 2008) e diminuição da frequência cardíaca e da pressão arterial em repouso (Terra et al., 2008).

Dentre os recursos ergogênicos mais usados, destaca-se a cafeína que é um composto químico de fórmula $C_8H_{10}N_4O_2$, classificado como alcalóide do grupo das xantinas e designado quimicamente como 1,3,7-trimetilxantina que é um antagonista dos receptores A1 e A2 de adenosina que ultrapassa rapidamente a barreira hematoencefálica, agindo como estimulante psicomotor (Hsu, Wang, & Chui, 2010) e reduzindo a percepção ao esforço (Rosenthal, Majeroni, Pretorius, & Malik, 2008). Ela está presente em vários produtos consumidos quotidianamente, incluindo café, chá, chocolate, refrigerante de cola, além de ser encontrada em alguns medicamentos como agente antagonizador do efeito calmante de certos fármacos (Altimari, Moraes, Tirapegui, & Moreau, 2006).

Embora o efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho em exercício aeróbio esteja bem documentado (Cox et al., 2002; Foskett, Ali, & Gant, 2009; Imagawa et al., 2009) durante exercícios anaeróbios ou de força muscular não é conclusivo o efeito ergogênico da cafeína. Estudos anteriores têm apontado a cafeína como possível agente ergogênico no treinamento anaeróbio (Altimari et al., 2006; Astorino & Roberson, 2010). Sendo assim, o objectivo do presente estudo foi avaliar o efeito agudo da cafeína no desempenho da força muscular, paralelamente a possíveis alterações hemodinâmicas ao longo de uma sessão de treino de força muscular.

MÉTODO

Amostra

Participaram deste estudo 13 voluntários do sexo masculino, selecionados aleatoriamente em uma academia de ginástica do município do Rio de Janeiro, Brasil. Consideraram-se como critérios de elegibilidade que os voluntários tivessem, no mínimo, seis meses de experiência em treino de força, que não utilizassem qualquer recurso ergogênico e não apresentassem lesões osteomioarticulares prévias. Todos foram previamente instruídos a não realizar exercícios nas 24h precedentes, não consumir bebida alcoólica ou composto cafeinado e a manterem-se bem hidratados ao longo dos testes. Os procedimentos experimentais tiveram início somente após o consentimento verbal e à assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, conforme aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição e todos os procedimentos utilizados respeitaram a Declaração de Helsinque de 2008.

Procedimentos

Avaliação antropométrica

A avaliação antropométrica constou da medida de massa corporal e estatura, realizada numa balança mecânica com estadiômetro (Filizola, Brasil) e para tomada das medidas das sete dobras cutâneas seguiram as técnicas descritas por Lohman (1992) através de um compasso científico (Cescorf, Brasil). A partir destas medidas, calculou-se o percentual de gordura e a massa livre de gordura usando as equações de Jackson e Pollock (1978) para a estimativa da densidade corporal em homens, respectivamente, combinada com a equação de Siri (1961).

Desenho Experimental

O presente estudo foi conduzido segundo o ensaio clínico randomizado duplo-cego placebo controlado, de forma que cada voluntário realizou três sessões de treino de força de acordo com os seguintes procedimentos: sem suplementação (C), com a suplementação de

cafeína (S) e com placebo (P). A suplementação valeu-se da ingestão de uma cápsula de 250 mg de cafeína e o placebo em cápsula inerte (estearato de magnésio, amido e talco), ambas ingerida 1h antes do treino de força.

Protocolos de Teste

Os indivíduos foram submetidos a quatro sessões de teste de força muscular. A primeira foi destinada a instruções sobre as técnicas de execução em cada exercício – chamada sessão de familiarização (Ploutz-Snyder & Giamis, 2001), quando se realizou um teste de 10 repetições máximas (10RM). A partir da carga de 10RM obtida na sessão de familiarização, realizaram-se mais três sessões de 10RM, quando se procedeu aleatoriamente a administração de C, S ou P. Todas as sessões de teste de 10RM mantiveram a mesma sequência de exercícios: (1) supino sentado - pegada aberta; (2) puxada pela frente no *pulley* - pegada aberta (membros superiores); (3) cadeira extensora; e, (4) mesa flexora (membros inferiores).

Todos os exercícios foram conduzidos em equipamentos da marca Buick Industries (Brasil). Os testes de 10RM foram conduzidos conforme o protocolo proposto por Brown e Weir (2001). Realizaram-se três a cinco minutos de atividades leves envolvendo o grupamento muscular testado e após um minuto de alongamento leve, aquecimento de repetições 12 repetições com 40% da carga de 10RM de familiarização. Após cinco minutos de intervalo, realizou-se em cada exercício 3 sets de 10RM com intervalo de 2 minutos, acrescentando-se quando necessário .5 a 5 Kg, previamente aferidos em balança de precisão (Filizola).

Todas as sessões foram realizadas entre 17:00 e 19:00 horas e obedeceram a um intervalo mínimo de 48h para repetição do teste de 10RM. Nos intervalos entre as sessões não foi permitida a realização de exercícios para não interferir nos resultados dos testes.

Avaliação Hemodinâmica

Antes, durante e após cada sessão foi monitorada a frequência cardíaca (FC) (Polar, FS2 BLK, Finlândia) e a pressão arterial (PA) (tensiômetro eletrônico, Omron, HEM-705CP, EUA). Além da carga de cada set de exercício, calcularam-se a variação da pressão arterial sistólica (Δ PAS), e diastólica (Δ PAD), variação do duplo produto (Δ DP), bem como a variação da frequência cardíaca (Δ FC), expressos como a diferença entre os valores de repouso e imediatamente após o último exercício.

Análise Estatística

A análise estatística dividiu-se em descritiva e inferencial. A primeira buscou a definição do perfil dos grupos sendo expressa como média e desvio padrão, enquanto a segunda buscou compará-los. O teste de Kolmogorov-Smirnov confirmou a normalidade da distribuição, portanto, as intervenções C, S e P foram comparadas através do teste paramétrico de análise de variância ANOVA para medidas repetidas (média dos três sets), seguido do teste de Bonferroni, quando encontradas diferenças significativas para carga, Δ PAS, Δ PAD, FC ou Δ FC relativos ao teste de 10RM, além da carga absoluta de 10RM (somatório das cargas de todos os exercícios). Adotou-se em todos os testes empregados um $p < .01$. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados em Statistica v.8 (Statsoft, EUA). Os resultados foram expressos como média (M) \pm erro padrão (EP).

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características físicas e antropométricas do grupo de voluntários. A baixa dispersão dos dados aponta para um grupo bastante homogêneo, confirmando a normalidade da distribuição.

Conforme sumarizado na Tabela 2, apesar de haver uma tendência a suportar cargas maiores com a suplementação de cafeína, não se registraram diferenças significativas na resposta cronotrópica em nenhum exercício. A

suplementação de cafeína resultou em cargas de 10RM significativamente maiores nos exercícios supino reto e cadeira extensora em comparação à intervenção controle e, contrariamente durante a intervenção placebo não se registraram diferenças em relação à suplementação.

Tabela 1

Características físicas e antropométricas dos voluntários

| Variáveis | M ± DP |
|--------------------------|-------------|
| Idade (anos) | 25.3 ± 3.8 |
| Massa corporal (kg) | 77.0 ± 12.6 |
| Estatura (cm) | 174.0 ± 4.6 |
| Gordura relativa (%) | 14.5 ± 4.2 |
| IMC (kg/m ²) | 25.2 ± 3.4 |
| PAS (mmHg) | 126.0 ± 9.7 |
| PAD (mmHg) | 72.3 ± 7.6 |
| FC (bpm) | 71.0 ± 10.2 |

Nota: IMC – índice de massa corporal, PAS – pressão arterial sistólica, PAD – pressão arterial diastólica, FC – frequência cardíaca

A Figura 1 ilustra os resultados da Δ PAS [.3 ± 3.6 mmHg (GC), 7.1 ± 4.0 mmHg (GP), 2.0 ± 3.6 mmHg (GS)], Δ PAD [1.8 ± 4.5 mmHg (GC), 3.0 ± 2.6 mmHg (GP), 1.2 ± 3.0 mmHg (GS)] e Δ FC [32.3 ± 3.7 bpm (GC), 25.3 ± 5.4 bpm (GP) e 32.6 ± 3.0 bpm (GS)] foram similares em todas as intervenções, de forma que não houve qualquer de aumento da atividade cronotrópica ou inotrópica após o treino de força. Embora a carga absoluta de 10RM tenha apresentado diferença entre o procedimento suplementado (269.0 ± 9.1 kg)

e controle (243.7 ± 9.2 kg), quando comparado o placebo (258.8 ± 9.5 kg) ao suplementado ou controle nenhuma diferença foi registrada. A diferença média entre os procedimentos controle e suplementado foi um aumento de 10.3% da carga absoluta de 10RM em relação ao controle e entre controle e placebo, resultando em um aumento de 6.2% da carga absoluta de 10RM em relação ao controle.

DISCUSSÃO

No presente estudo avaliou-se o efeito agudo da cafeína no desempenho da força muscular paralelamente a possíveis alterações hemodinâmicas ao longo de uma sessão de treino de força muscular, verificando-se que uma dose de 250 mg de cafeína pode afetar o desempenho da força muscular em testes de 10RM aplicados a diferentes exercícios. De acordo com os resultados aqui obtidos, apesar do aumento registrado na força muscular em ambas as intervenções – suplementação e placebo – pode-se atribuir efeito ergogênico à cafeína durante uma sessão de testes de força muscular.

Conforme a expectativa, nenhum problema associado com o uso de cafeína durante ou imediatamente após qualquer teste foi relatado. Tal facto pode ser relacionado à baixa dosagem usada nos testes (~ 3.24 mg · kg⁻¹ de cafeína se usar a massa corporal média dos voluntários), já que a Goldstein et al. (2010) relata que a cafeína é eficaz para melhorar o desempenho desportivo em atletas treinados

Tabela 2

Desempenho da força muscular frente às alterações hemodinâmicas para cada intervenção em diferentes exercícios

| Exercícios | Carga (kg) | | | FC (bpm) | | |
|------------|--------------------|-------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| | Controle M ± EP | Placebo M ± EP | Suplementado M ± EP | Controle M ± EP | Placebo M ± EP | Suplementado M ± EP |
| Supino | 62.3 ± 2.7 | 67.3 ± 3.2 | 70.6 ± 3.2 | 113.0 ± 2.5 | 122.0 ± 3.6 | 122.7 ± 4.4 |
| Puxada | 53.1 ± 2.7 | 55.0 ± 2.7 | 56.6 ± 2.4 | 133.6 ± 3.2 | 137.2 ± 3.8 | 138.6 ± 4.2 |
| Extensora | 82.7 ± 3.2 | 88.3 ± 3.3 | 91.4 ± 3.4 | 135.3 ± 4.2 | 140.0 ± 3.3 | 138.5 ± 4.1 |
| Flexora | 45.5 ± 2.0 | 48.4 ± 1.8 | 50.3 ± 2.0 | 149.6 ± 4.0 | 147.6 ± 3.7 | 153.3 ± 4.3 |

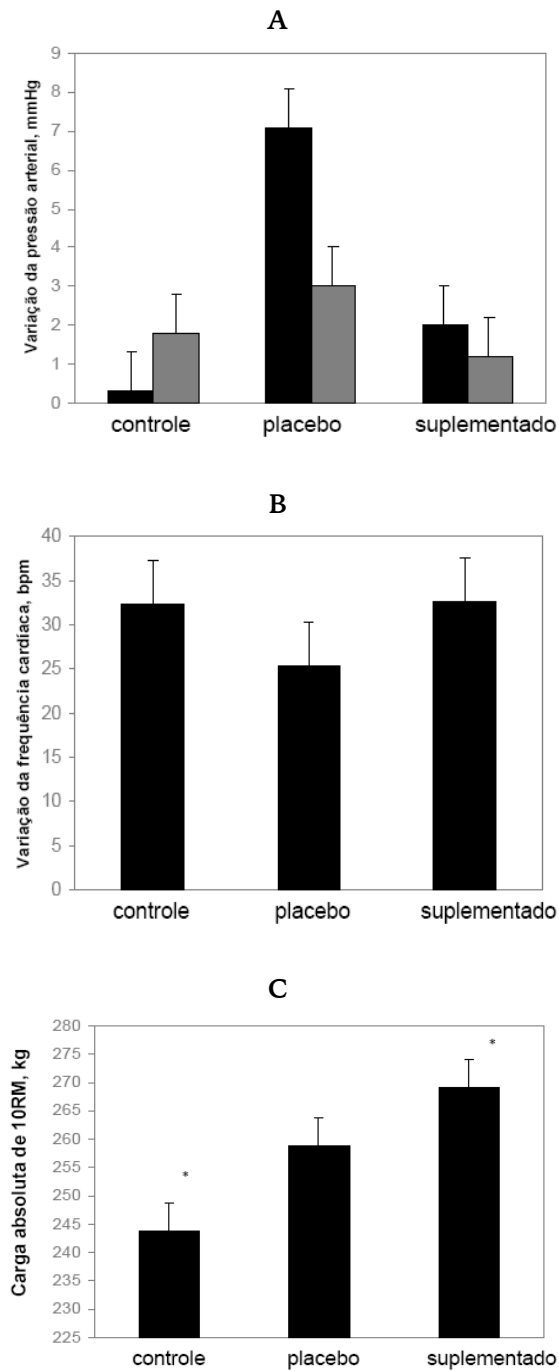


Figura 1. Desempenho da variação da pressão arterial (A) sistólica em barras pretas e diastólica em barras cinzas, da variação da frequência cardíaca (B), e carga absoluta (somatório das cargas de todos os exercícios) (C), seguindo os procedimentos, com ou sem suplementação de cafeína e placebo. As barras são as médias e as linhas verticais são os erros padrões.

* Diferença significativa da carga absoluta de 10RM entre o procedimento suplementado e controle

quando consumida em doses baixas a moderadas ($3-6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Contrariamente, o consumo de doses elevadas ($\geq 9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), além de não gerar melhoras no desempenho físico, aumenta o risco de efeitos colaterais. Dentre esses, destacam-se: arritmias ventriculares, náuseas, irritabilidade, insônia, hipocalemia, hiponatremia, hipertensão arterial seguida de hipotensão, insuficiência respiratória, convulsões e rabdomiólise (Malinauskas, Aeby, Overton, Carpenter-Aeby, & Barber-Heidal, 2007), conseqüentemente, aumento do risco de infarto agudo do miocárdio (Azevedo & Barros, 2006).

Adicionalmente, tem sido demonstrado que a cafeína pode melhorar o desempenho físico em exercícios aeróbios como: corrida (Imagawa et al., 2009), ciclismo (Goldstein, Jacobs, Whitehurst, Penhollow, & Antonio, 2010; Simmonds, Minahan, & Sabapathy, 2010), remo (Skinner, Jenkins, Coombes, Taaffe, & Leveritt, 2009) e até mesmo no futebol (Foskett et al., 2009). Entretanto, o efeito ergogênico da cafeína sobre a performance em treino de força muscular ainda não está plenamente estabelecido, nem tampouco os mecanismos de ação fisiológica desta sobre o organismo (Altamari et al., 2006; Astorino & Roberson, 2010).

A interação da cafeína com os músculos estriados esqueléticos é mediada pelo receptor de rianodina, que resulta em aumento na mobilização de cálcio através do retículo sarcoplasmático e que conseqüentemente, aumenta os níveis intracelulares de cálcio intramuscular (Herrmann-Frank, Luttgau, & Stephenson, 1999; Warren, Ingalis, Lowe, & Armstrong, 2001). Dentre outros efeitos da cafeína, podem-se citar: i) a inibição da fosfodiesterase; ii) o aumento da concentração de adenosina monofosfato cíclica (AMPc); iii) diminuição da degradação do glicogênio (Davis & Green, 2009); iv) aumento na oxidação de lipídios (Lopez-Garcia et al., 2006; McCarty, 1995); v) redução da sensação de esforço percebido, retardando a fadiga muscular

(Doherty & Smith, 2005); e vi) melhora da atividade cognitiva (Foskett et al., 2009).

Em relação à resposta hemodinâmica, enquanto alguns estudos anteriores vêm demonstrando aumentos na reposta taquicárdica (Astorino, Rohmann, Firth, & Kelly, 2007) e hipertensiva (Astorino et al., 2007; Goldstein et al., 2010; Mort & Kruse, 2008), no presente estudo, durante o treino de força muscular, não se registaram aumentos significativos na FC, nem na PA, o que se pode atribuir às baixas doses de cafeína administradas durante a suplementação. Embora não se vise aqui estabelecer limites de confiabilidade, pode-se inferir, ou minimamente, suscitar novas pesquisas, baseadas na hipótese de que baixas doses de cafeína não geram sobrecarga miocárdica durante o treino de força.

Estudos anteriores vêm demonstrando que a suplementação com cafeína não melhora a performance na força muscular máxima – em exercícios como supino reto (Beck, Housh, Malek, Mielke, & Hendrix, 2008) e puxada no *pulley* (Williams, Cribb, Cooke, & Hayes, 2008) – ou submáxima – nos exercícios supino reto e *leg press*, seja usando a carga relativa a 10RM (Green et al., 2007), a 60% de 1RM (Astorino, Rohmann, & Firth, 2008; Goldstein et al., 2010), ou a 70-80% de 1RM (Jacobs, Pasternak, & Bell, 2003). Por outro lado, em concordância com os resultados encontrados no presente estudo, outros autores têm demonstrado melhoras na performance de força muscular a 100% de 1RM no supino reto (Goldstein et al., 2010), a 80% de 1RM no supino reto (Beck et al., 2006) e cadeira extensora (Duncan, Lyons, & Hankey, 2009), e na carga de 12RM na cadeira extensora e bíceps apoiado na máquina (Hudson, Green, Bishop, & Richardson, 2008).

Em relação à dosagem administrada de cafeína ($3-6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) é independente do resultado apresentado na performance na força muscular máxima (Goldstein et al., 2010) ou submáxima (Beck et al., 2006; Duncan et al., 2009; Hudson et al., 2008), pois o mais

importante é a frequência no consumo da cafeína. No presente estudo, os voluntários relataram uma baixa frequência no consumo de cafeína, portanto, corroborando com o resultado do estudo de Bell e Mclellan (2002) que demonstraram um resultado positivo do efeito da cafeína em indivíduos com baixa frequência no consumo de cafeína.

Em conformidade com o que fora apontado previamente (Bell & Mclellan, 2002), baseando-se nas divergências apresentadas acima, pode-se prever que variações na intensidade e/ou duração dos testes de exercício, bem como a dosagem de cafeína administrada, ou mesmo o intervalo de tempo entre a administração e o início dos testes e a frequência no consumo da cafeína são fatores que interferem efetivamente nos resultados. De facto, no presente estudo, nenhuma medida de sangue foi feita, assim só é possível a preocupação com os efeitos de desempenho na força submáxima, mas não sobre os efeitos nos intermediários plasmáticos. No entanto, seria interessante sugerir novos estudos, a fim de investigar o comportamento do pH plasmático, do lactato, do potássio, da glicose e das catecolaminas. Portanto estudos adicionais com maior número de indivíduos e um protocolo de exercício mais intenso de resistência parecem ser justificados.

REFERÊNCIAS

- Altamari, L. R., Moraes, A. C., Tirapegui, J., & Moreau, R. (2006). Caffeine and performance in anaerobic exercise. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 42(1), 17-27.
- Araújo, M. R. (2008). A influência do treinamento de força e do treinamento aeróbio sobre as concentrações hormonais de testosterona e cortisol. *Motricidade*, 4(2), 67-75.
- Astorino, T. A., & Roberson, D. W. (2010). Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 257-265.
- Astorino, T. A., Rohmann, R. L., & Firth, K. (2008). Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *European Journal of Applied Physiology*, 102(2), 127-132.

- Astorino, T. A., Rohmann, R. L., Firth, K., & Kelly, S. (2007). Caffeine-induced changes in cardiovascular function during resistance training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(5), 468-477.
- Azevedo, A., & Barros, H. (2006). Coffee and myocardial infarction: Heterogeneity of an association in Portuguese men. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 13(2), 268-273.
- Beck, T. W., Housh, T. J., Malek, M. H., Mielke, M., & Hendrix, R. (2008). The acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press strength and time to running exhaustion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1654-1658.
- Beck, T. W., Housh, T. J., Schmidt, R. J., Johnson, G. O., Housh, D. J., Cobun, J. W., & Malek, M. H. (2006). The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance and anaerobic capabilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 506-510.
- Bell, D. G., & McLellan, T. M. (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1227-1234.
- Brown, L. E., & Weir, J. P. (2001). ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology-online*, 4, 1-21.
- Cox, G. R., Desbrow, B., Montgomery, P. G., Anderson, M. E., Bruce, C. R., Macrides, T. A., ... Burke, L. M. (2002). Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 93(3), 990-999.
- Davis, J. K., & Green, J. M. (2009). Caffeine and anaerobic performance: Ergogenic value and mechanisms of action. *Sports Medicine*, 39(10), 813-832.
- Doherty, M., & Smith, P. M. (2005). Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 15(2), 69-78.
- Duncan, M. J., Lyons, M., & Hankey, J. (2009). Placebo effects of caffeine on short-term resistance exercise to failure. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(2), 244-253.
- Foskett, A., Ali, A., & Gant, N. (2009). Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19(4), 410-423.
- Goldstein, E. R., Jacobs, P. L., Whitehurst, M., Penhollow, T., & Antonio, J. (2010). Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(18). doi:10.1186/1550-2783-7-18.
- Goldstein, E. R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., ... Antonio, J. (2010). International Society of Sports Nutrition position stand: Caffeine and performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(5). doi:10.1186/1550-2783-7-5.
- Green, J. M., Wickwire, P. J., Mclester, J. R., Gendle, S., Hudson, G., Pritchett, R. C., & Laurent, C.M. (2007). Effects of caffeine on repetitions to failure and ratings of perceived exertion during resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(3), 250-259.
- Herrmann-Frank, A., Luttgau, H. C., & Stephenson, D. G. (1999). Caffeine and excitation-contraction coupling in skeletal muscle: A stimulating story. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 20(2), 223-237.
- Hsu, C. W., Wang, C. S., & Chui, T. H. (2010). Caffeine and a selective adenosine A2A receptor antagonist induce sensitization and cross-sensitization behavior associated with increased striatal dopamine in mice. *Journal of Biomedical Science*, 17(1). doi:10.1186/1423-0127-17-4.
- Hudson, G. M., Green, J. M., Bishop, P. A., & Richardson, M. T. (2008). Effects of caffeine and aspirin on light resistance training performance, perceived exertion, and pain perception. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1950-1957.
- Imagawa, T. F., Hirano, I., Itsuki, K., Horie, M., Naka, A., Matsumoto, K., & Imagawa, S. (2009). Caffeine and taurine enhance endurance performance. *International Journal of Sports Medicine*, 30(7), 485-488.
- Jackson, A. S., & Pollock, M. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *The British Journal of Nutrition*, 40, 497-504.

- Jacobs, I., Pasternak, H., & Bell, D. G. (2003). Effects of ephedrine, caffeine, and their combination on muscular endurance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(6), 987-994.
- Lohman, T. G. (1992). *Advances in body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lopez-Garcia, E., Van Dam, R. M., Rajpathak, S., Willett, W. C., Manson, J. E., & Hu, F. B. (2006). Changes in caffeine intake and long-term weight change in men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83(3), 674-680.
- Malinauskas, B. M., Aeby, V. G., Overton, R. F., Carpenter-Aeby, T., & Barber-Heidal, K. (2007). A survey of energy drink consumption patterns among college students. *Nutrition Journal*, 6(35). doi:10.1186/1475-2891-6-35.
- Materko, W., Duarte, M., Santos, E. L., & Junior, H. S. (2010). Comparação entre dois sistemas de treino de força no desenvolvimento da força muscular máxima. *Motricidade*, 6(2), 5-13.
- McCarty, M. F. (1995). Optimizing exercise for fat loss. *Medical Hypotheses*, 44(5), 325-330.
- Mort, J. R., & Kruse, H. R. (2008). Timing of blood pressure measurement related to caffeine consumption. *The Annals of Pharmacotherapy*, 42(1), 105-110.
- Ploutz-Snyder, L. L., & Giamis, E. L. (2001). Orientation and familiarization to 1RM strength testing in old and young women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 519-523.
- Rosenthal, T. C., Majeroni, B. A., Pretorius, R., & Malik, K. (2008). Fatigue: An overview. *American Family Physician*, 78(10), 1173-1179.
- Simmonds, M. J., Minahan, C. L., & Sabapathy, S. (2010). Caffeine improves supramaximal cycling but not the rate of anaerobic energy release. *European Journal of Applied Physiology*, 109(2), 287-295.
- Siri, W. E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. *Nutrition*, 9(5), 480-491.
- Skinner, T. L., Jenkins, D. G., Coombes, J. S., Taaffe, D. R., & Leveritt, M. D. (2010). Dose response of caffeine on 200 m rowing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 571-576.
- Terra, D. F., Mota, M. R., Rabelo, H. T., Bezerra, L. M. A., Lima, R. M., Ribeiro, A. G., ... Silva, F. M. (2008). Reduction of arterial pressure and double product at rest after resistance exercise training in elderly women. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 91(5), 274-279.
- Warren, G. L., Ingalls, C. P., Lowe, D. A., & Armstrong, R. B. (2001). Excitation-contraction uncoupling: Major role in contraction-induced muscle injury. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29(2), 82-87.
- Williams, A. D., Cribb, P. J., Cooke, M. B., & Hayes, A. (2008). The effect of ephedra and caffeine on maximal strength and power in resistance-trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 464-470.